

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**  
**PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK**

**Mirela Keser**

**UTJECAJ DODATKA JABUČNOG TROPA NA**  
**KVALITATIVNE PARAMETRE KRUHA TIJEKOM PEČENJA**

**SPECIJALISTIČKI RAD**

Osijek, rujan, 2016.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

### SPECIJALISTIČKI RAD

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek  
Zavod za prehrambene tehnologije  
Katedra za tehnologije prerade žitarica  
Franje Kuhača 20, 31000 Osijek, Hrvatska

**Znanstveno područje:** Biotehničke znanosti  
**Znanstveno polje:** Prehrambena tehnologija  
**Nastavni predmet:** Dostignuća u tehnologiji namirnica biljnog porijekla s elementima HACCP-a II  
**Tema rada:** je prihvaćena na IX. sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek održanoj 28. lipnja 2016.  
**Mentor:** izv. prof. dr. sc. *Daliborka Koceva Komlenić*

### UTJECAJ DODATKA JABUČNOG TROPA NA KVALITATIVNE PARAMETRE KRUHA TIJEKOM PEČENJA

*Mirela Keser, 30/S-07*

**Sažetak:** U specijalističkom radu cilj je bio ispitati utjecaj zamjene pšeničnog brašna različitim udjelima suhog jabučnog tropa kao izvora vlakana u kruhu metodom probnog pečenja. Utjecaj jabučnog tropa na svojstva i promjenu boje kruha tijekom pečenja pratila se u različitim vremenskim periodima tijekom pečenja. Određivao se specifični volumen laserskim skenerom uređaja Volscan Profiler, boja površine korice te boja sredine kruha uređajem Minolta Chroma Meter CR-300, potom je provedena analiza teksture uređajem TA.XT Plus. U gotovom proizvodu pratio se udio i aktivitet vode u sredini i korici kruha te se provelo senzorsko ocjenjivanje kako bi se utvrdio optimalni udio jabučnog tropa u kruhu. Rezultati su pokazali da se povećanjem udjela jabučnog tropa u kruhu povećava čvrstoća i otpor žvakanju, te udio i aktivitet vode, dok se smanjuje kohezivnost, elastičnost i specifični volumen. Najveću ukupnu promjenu boje imao je uzorak s 15 % jabučnog tropa, a senzorska ocjena je pokazala kako je najprihvatljiviji standardni uzorak od pšeničnog brašna.

**Ključne riječi:** kruh, jabučni trop, tekstura, boja, specifični volumen  
**Rad sadrži:** 37 stranica  
25 slika  
6 tablica  
36 literaturnih referenci

**Jezik izvornika:** Hrvatski

#### Sastav Povjerenstva za obranu:

- |   |               |
|---|---------------|
| 1. izv. prof. dr. sc. Marko Jukić               | predsjednik   |
| 2. izv. prof. dr. sc. Daliborka Koceva Komlenić | član - mentor |
| 3. izv. prof. dr. sc. Jurislav Babić            | član          |
| 4. doc. dr. sc. Jasmina Lukinac Čačić           | zamjena člana |

**Datum obrane:** 29. rujna 2016.

**Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen** u Knjižnici Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek te u elektroničkom (pdf format) obliku u Gradskoj i sveučilišnoj knjižnici Osijek.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

### POSTGRADUATE SPECIALIST THESIS

University Josip Juraj Strossmayer in Osijek  
Faculty of Food Technology Osijek  
Department of Food Technology  
Department of Cereal Processing Technologies  
Franje Kuhača 20, HR-31000 Osijek, Croatia

**Scientific area:** Biotechnical sciences

**Scientific field:** Food technology

**Course title:** Attainments in processing of vegetable origin raw materials including HACCAP elements II

**Thesis subject** was approved by the Faculty Council of the Faculty of Food Technology at its session no. IX held on June 28<sup>th</sup>, 2016.

**Mentor:** *Daliborka Koceva Komlenić*, PhD, associate prof.

### INFLUENCE OF APPLE POMACE SUPPLEMENT ON WHEAT BREAD QUALITY PARAMETERS DURING BAKING

*Mirela Keser, 30/S-07*

**Summary:** The aim of this research was to investigate the influence of replacement wheat flour with different proportions of dried apple pomace as a source of fiber in bread test baking methods. The influence of apple pomace on the properties and color change of bread during baking was determined in different periods of time. Volume of bread is determined by laser scanner Volscan Profiler, color crust and color in the middle of bread was determined by Minolta Chroma Meter CR-300 and texture is determined by TA.XT Plus. Water activity in the middle bread, in the crust of bread and sensory evaluation is determined in final product to define the optimal proportion of apple pomace in bread. The results have shown that increasing proportion of apple pomace in bread, hardness, chewiness, content and water activity is increased, while cohesiveness, resilience and specific volume is reduced. The biggest color change was in the sample with 15 % of apple pomace, and sensory evaluation showed that standard sample was the most acceptable.

**Key words:** Bread, apple pomace, texture, colour, specific volume

**Thesis contains:** 37 pages  
25 figures  
6 tables  
36 references

**Original in:** Croatian

#### Defense committee:

- |  |              |
|--|--------------|
| 1. <i>Marko Jukić</i> , PhD, associate prof.               | chair person |
| 2. <i>Daliborka Koceva Komlenić</i> , PhD, associate prof. | supervisor   |
| 3. <i>Jurislav Babić</i> , PhD, associate prof.            | member       |
| 4. <i>Jasimna Lukinac Čačić</i> , PhD, assistant prof.     | stand-in     |

**Defense date:** September 29, 2016

**Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in** Library of the Faculty of Food Technology Osijek and electronic (pdf format) version in Library of the City and University Osijek.

*Zahvaljujem se svojoj obitelji na podršci, strpljenju i razumijevanju tijekom studiranja, zahvaljujem se svim prijateljima koji su me ohrabivali, bodrili i svima koji su mi na bilo koji način pomogli na mome putu. Posebno se zahvaljujem mentorici izv. prof. dr. sc. Daliborki Koceva Komlenić na predloženoj temi i savjetima tijekom izrade ovoga rada.*

## Sadržaj

1. UVOD .....	1
2. TEORIJSKI DIO .....	2
2.1 ŽITARICE .....	2
2.1.1. Pšenica.....	2
2.2. NUSPROIZVODI PREHRAMBENE INDUSTRIJE .....	4
2.2.1. Jabučni trop .....	5
2.3. SIROVINE ZA PROIZVODNJU KRUHA .....	7
2.3.1. Pšenično brašno .....	7
2.3.2. Kvasac.....	9
2.3.3. Voda .....	10
2.3.4. Sol.....	10
2.3.5. Dodatne sirovine.....	10
2.4. TEHNOLOŠKI PROCES PROIZVODNJE KRUHA .....	11
2.4.1. Tehnološke faze proizvodnje kruha.....	11
2.4.2. Volumen kruha .....	13
2.4.3. Analiza teksture .....	14
2.4.4. Boja.....	14
3. EKSPERIMENTALNI DIO .....	15
3.1. ZADATAK.....	15
3.2. MATERIJALI .....	15
3.3. METODE .....	16
3.3.1 Određivanje specifičnog volumena kruha.....	16
3.3.2 Određivanje boje površine korice i boje sredine kruha.....	16
3.3.3 Određivanje teksture kruha.....	18
3.3.4 Određivanje udjela vode u kruhu.....	19
3.3.5 Određivanje aktiviteta vode u kruhu .....	20
3.3.6 Senzorsko ocjenjivanje kruha .....	20
4. REZULTATI .....	21
4.1. PROMJENA MASE I SPECIFIČNOG VOLUMENA UZORKA KRUHA S DODATKOM JABUČNOG TROPA TIJEKOM PEČENJA.....	21
4.2 REZULTATI TEKSTURE KRUHA .....	23
4.3. ODREĐIVANJE UDJELA I AKTIVITETA VODE.....	27
4.4 REZULTATI MJERENJA BOJE UZORAKA KRUHA POMOĆU KOLORIMETRA .....	29

4.5. SENZORSKA OCJENA KRUHA .....	32
5. RASPRAVA .....	21
6. ZAKLJUČAK.....	31
7. LITERATURA.....	34

## Popis oznaka, kartica i simbola

$m_B$	masa brašna
$w_{H_2O}$	maseni udio vode
$L_0^*$	parametar svjetline tijesta
$L^*$	parametar boje uzorka CIEL*a*b prostora boje – svjetline boje (eng. lightness)
$a_0^*$	parametar boje tijesta CIEL*a*b prostora boja
$a^*$	parametar boje uzorka CIEL*a*b prostora boja
$b_0^*$	parametar boje tijesta CIEL*a*b prostora boja
$b^*$	parametar boje uzorka CIEL*a*b* prostora boja
$\Delta E$	ukupna promjena boje čajnog peciva
$m_0$	masa uzorka prije sušenja [g]
$m_1$	masa uzorka nakon sušenja [g]
$W_v$	udio vode (vlage) [%]
N	sila
g	masa

## **1.UVOD**



Hrana nam je potrebna kao izvor energije za održavanje života i za obavljanje svakodnevnih poslova. Izboru namirnica posvećuje se sve više pažnje. Preporučuje se jesti raznovrsnu hranu, izbjegavati masnu hranu, šećer i sol, održavati optimalnu tjelesnu masu, jesti što više voća i povrća te hranu bogatu vlaknima.

Značaj vlakana u prehrani čovjeka opisuje se u znanstvenim radovima još od sedamdesetih godina dvadesetog stoljeća. Vlakna iz različitih izvora se od tada primjenjuju kako u istraživanjima tako i u industrijskoj proizvodnji kao zamjena za pšenično brašno kod pekarskih i keksarskih proizvoda te tjestenine i kolača (Sudhaa i sur., 2007, Ktenioudaki i Gallagher, 2012.). Kao izvori vlakana u proizvodnji kruha najčešće se koriste posije pšenice, ječma, zobi i drugih žitarica te različiti nusproizvodi prehrambene industrije, poput kore, tropa, sjemenki i kaše koja zaostaje pri proizvodnji različitih prehrambenih proizvoda iz biljnih sirovina (Dhingra i sur., 2012, Kim i sur., 2013.). Jedan od takvih nusproizvoda je i jabučni trop kojeg, nakon proizvodnje soka ostaje oko 25 % od ukupne mase jabuka. Jabučni trop je bogat izvor ugljikohidrata, celuloze, hemiceluloze, lignina, pektina, galakturonske kiseline, minerala (kalcija, magnezija, cinka, željeza, bakra), flavonoida itd. (Kohajdová i sur., 2014.).

Cilj ovog rada je odrediti utjecaj različitih udjela jabučnog tropa kao zamjenu za dio pšeničnog brašna na senzorska i kvalitativna svojstva kruha, te pratiti promjenu parametara teksture i boje kruha tijekom pečenja.

## **2. TEORIJSKI DIO**

## 2.1 ŽITARICE

Žitarice predstavljaju osnovnu hranu za ljude i glavni su sastojak hrane za životinje. Koriste se i za dobivanje energije, tako se procesom fermentacije može dobiti bioplin ili bioetanol. Žitarice zauzimaju gotovo 60 % ukupnih obradivih površina u svijetu. Neke od najznačajnijih žitarica u svijetu su: pšenica, kukuruz, riža, ječam, sirak, proso, zob i raž. Botanički gledano, žitarice pripadaju porodici trava (*Poaceae*). Uzgoj svih žitarica je u principu isti. To su jednogodišnje biljke, koje prinos daju jednom godišnje. Međutim, klimatski zahtjevi su različiti. Tako se kukuruz, riža, sirak i proso uzgajaju u tropskim nizinama tijekom cijele godine i u umjerenim klimatskim područjima u periodu godine bez mrazova. Riža se uzgaja na poplavljenim područjima, a sirak i proso u suhim predjelima. Pšenica, raž, ječam i zob najbolje uspijevaju u područjima umjerene klime. Razlikuju se ozime vrste i jare. Ozime vrste se siju u jesen i dozrijevaju u rano ljeto. Jare sorte se siju u proljeće i žanju se ljeti te daju manji prinos od ozimih (Koehler i sur. 2013., Evans, 2001.).

### 2.1.1. Pšenica

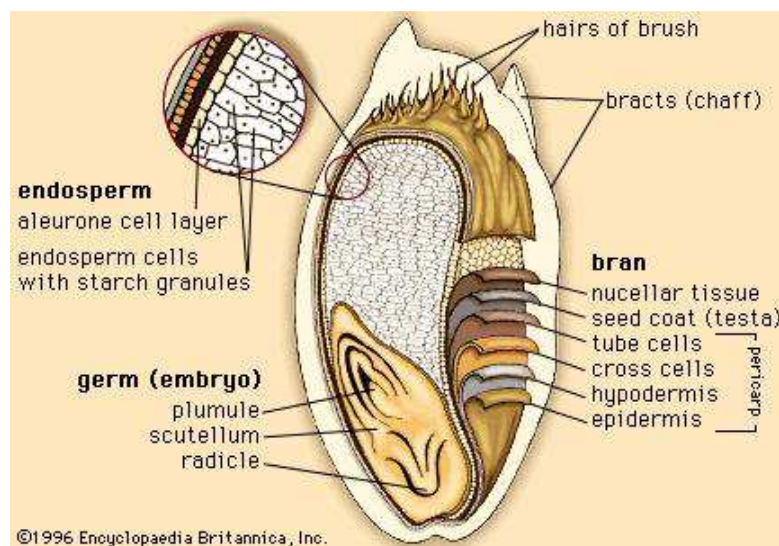
Prema pronađenim zapisima je utvrđeno kako je pšenica poznata više od 10.000 godina. Naziv „pšenica“, koji je zajednički naziv u svim slavenskim jezicima, ukazuje kako je pšenica uzgajana u pradomovini Slavena. U našem narodu je udomaćen naziv za pšenicu žito, jer se dugo koristila kao isključivo krušno žito. Pšenica je najvažniji ratarski usijev. Uzgaja se na oko 23 % svjetskih obradivih površina. Pokazatelj kakvoće pšenice se odnosi na udio proteina u zrnu i njihovu kakvoću. Međunarodni standard za udio proteina u zrnu je 13,5 %. Pšenica se prvenstveno koristi kao krušna biljka. Kruh od pšeničnog brašna je dobro probavljiv, odlikuje se visokim udjelom proteina (16-17 %) i ugljikohidrata (77-78 %), a sadrži svega 1,2-1,5 % masti. Oko 70 % stanovništva svijeta hrani se pšeničnim kruhom, koji po svojoj hranjivoj vrijednosti nadmašuje raženi. Na pekarska svojstva pšeničnog brašna utječe količina glutena (ljepka). Gluten (ljepak) je proteinska masa koja se sastoji od čestica glijadina i glutenina, a izdvaja se prilikom ispiranja tijesta vodom. Pšenični kruh sadrži visoki udio vitamina B kompleksa (B1, B2, PP) i minerala (kalcij, fosfor, željezo). Pšenica ima veliko značenje za brojne industrije: mlinarska industrija, industrija kruha, keksa, kolača, pivarska industrija, farmaceutska i dr. (Kent i Evers, 1994., Đaković, 1997., Pomeranz, 1998.).

Plod pšenice je zrno koje je najčešće ovalnog oblika. Pojedine sorte pšenice mogu imati zrna od okruglog oblika do dugačkog, uskog i spljoštenog oblika. Dužina zrna je od 5 do 9 mm, a masa se kreće od 35 do 50 mg. Na trbušnoj strani zrna nalazi se brazdica. Zrno pšenice se sastoji od klice (2-3 %), omotača (13-17 %) i endosperma (80-85 %) (Žeželj, 1995., Hosenay, 1994.).

Klica je bogata proteinima (25 %) i mastima (8-13 %) te ima visok udio minerala (4,5 %) i vitamina E (Šramková i sur., 2009.).

Vanjski omotač zrna se sastoji od nekoliko slojeva koji štite unutrašnji dio zrna. Bogat je mineralnim tvarima (7,2%) i vitaminima B - skupine. Udio vlakana u omotaču je oko 53%. Kemijski sastav vlakana čine celuloza i pentozani. Ove tvari su tipični polimeri koji se nalaze u staničnim stjenkama zrna i u sloju stanica kao što je aleuronski sloj. Udio proteina i ugljikohidrata iznosi 16% na suhu tvar zrna. Dva vanjska sloja omotača zrna sastoje se od praznih mrtvih stanica, za razliku od unutrašnjeg, aleuronskog sloja, koji je ispunjen živim protoplastima, čime se objašnjava visoki udio proteina i ugljikohidrata u vanjskom omotaču (Hosenay, 1994.; Đaković, 1997.).

Endosperm je s vanjske strane zrna okružen aleuronslim slojem koji se sastoji od gusto zbijenih stanica kockastog oblika. Aleuronski sloj je bogat proteinima i enzimima koji su vrlo značajni u procesu klijanja zrna. Endosperm, bez aleuronoskog sloja, sastoji se od stanica škroba. Osim ugljikohidrata, u endospermu su prisutne masti (1,5 %) i proteini (13 %): albumini, globulini, glutenini i glijadini. Udio minerala je nizak (0,5 %), kao i vlakana (oko 1,5 %) (Šramková i sur., 2009.).



**Slika 1.** Sastav zrna pšenice (Encyclopedia Britanica, Inc.)

## 2.2. NUSPROIZVODI PREHRAMBENE INDUSTRIJE

Prekomjerna tjelesna težina i pretilost, te različite bolesti kao što su: dijabetes, kardiovaskularne bolesti i maligna oboljenja su direktno povezana s nepravilnom prehranom. Prehrambena industrija, u današnje vrijeme, nastoji razvijati nove proizvode obogaćene sastojcima (prehrambena vlakna, antioksidansi, polifenoli, vitamini,  $\omega$ -3-masne kiseline,  $\omega$ -6 masne kiseline, i dr.), koji imaju pozitivan utjecaj na ljudsko zdravlje.

Preradom biljnih materijala dobivaju se nusproizvodi koji obiluju brojnim biološki aktivnim tvarima i prehrambenim vlaknima, međutim, predstavljaju ekološki problem zbog svoje spore biorazgradivosti. Njihovom uporabom, kao sirovinama u proizvodnji hrane, smanjuje se ukupna količina otpada, i dobivaju se proizvodi s povećanom nutritivnom vrijednošću. Neki od nusproizvoda prehrambene industrije su: jabučni trop, pivski trop i izluženi repini rezanci. Dobar su izvor prehrambenih vlakana i drugih sastojaka koji ovim nusproizvodima daju značajnu nutritivnu vrijednost. Najviše se koriste kao stočna hrana (Schieber i sur., 2001.; Yağcı i Göğüş, 2010.).

Prehrambena vlakna se od davnina konzumiraju i poznato je da imaju pozitivan utjecaj na ljudsko zdravlje. Unos prehrambenih vlakana konzumiranjem svježeg voća i povrća, žitarica i orašastih plodova, značajno je za fiziološke procese u organizmu i prevenciju bolesti (smanjenje kolesterola, smanjenje glikemijskog i inzulinskog odgovora, poboljšavanje probave itd.). Iako je poznato da unos prehrambenih vlakana utječe na smanjenje rizika obolijevanja od nekih kroničnih bolesti, i dalje je njihov unos diljem svijeta nizak (Tungland i sur., 2002.).

Pojam „prehrambena vlakna“ se može definirati na različite načine. Neke se definicije temelje na metodi izolacije vlakana, dok se druge temelje na fiziološkoj osnovi. Uobičajeno je da se udio vlakana određuje preko udjela pojedinih kemijskih tvari kao što su: celuloza, hemiceluloza, pektin, lignin, koji je jedini ne ugljikohidratni sastojak vlakana. Vlakna možemo podijeliti na topljiva i na netopljiva (Slavin, 2013.). Netopljiva vlakna uključuju: lignin, celulozu i hemicelulozu. Topljiva vlakna uključuju: pektin, beta-glukan, galaktomanan i veliku skupinu neprobavljivih oligosaharida uključujući inulin (Tungland i sur., 2002.). U današnje vrijeme se najčešće koristi definicija da su prehrambena vlakna ostaci biljnih stanica koje se ne mogu razgraditi hidrolizom (digestijom) enzima probavnog sustava (Rodríguez i sur., 2006.).

Prema brojnim istraživanjima, smatra se da su prehrambena vlakna značajna u prevenciji određenih bolesti. Prehrana bogata izvorima vlakana, kao što su žitarice, voće i povrće, imaju pozitivan utjecaj na zdravlje, jer je njihova konzumacija povezana sa smanjenom stopom obolijevanja od raka. Iako je većina sastojaka prehrambenih vlakana

neprobavljiva enzimima probavnog trakta, vlakna se mogu djelomično razgraditi aktivnošću bakterijskih enzima. Stupanj razgradnje ovisi o vrsti prisutnih bakterija. Vrlo značajno je i vrijeme zadržavanja u probavnom traktu, što onda utječe na vrijeme izlaganja bakterijskim enzimima i na razgradnju vlakana (Rodríguez i sur., 2006.).

Utjecaj prehrambenih vlakana na zdravlje:

- Prevencija kardiovaskularnih bolesti - unos prehrambenih vlakana djeluje na smanjenje razine apolipoproteina i krvnog tlaka. Topljiva vlakna (beta-glukan, psilium, pektin i guar guma) su najznačajnija u snižavanju razine kolesterola.
- Prevencija od dijabetesa tipa II – redovnom konzumacijom preporučene količine vlakana smanjuje se apsorpcija glukoze, sprječava debljanje i povećava unos antioksidanata koji djeluju preventivno na dijabetes.
- Reguliranje probave i pražnjenja crijeva – vlakna su vrlo značajna za normalno pražnjenje crijeva. Vlakna vežu vodu, omekšavaju stolicu i povećavaju volumen stolice. Skraćuje se vrijeme prolaska kroz crijeva.
- Kontrola osjećaja gladi – žvakanjem hrane bogate vlaknima, povećava se vrijeme potrebno za žvakanje. Žvakanjem se potiče izlučivanje sline i želučane kiseline što povećava želučana rastezanja. Pojedina vlakna vežu vodu, što također utječe na povećanje rastezanja želuca. Rastezanjem želuca se aktiviraju signali sitosti, koji doprinose osjećaju sitosti tijekom jela i određeno vrijeme nakon jela. Vlakna mogu usporiti želučano pražnjenje i apsorpciju glukoze u tankom crijevu. Kada se glukoza postepeno oslobađa, odgovor inzulina je također nizak. Kako hrana prolazi kroz gornji i donji gastrointestinalni trakt, oslobađaju se hormoni koji šalju signal u mozak. Mnogi crijevni hormoni reguliraju sitost i unos hrane.
- Održavanje tjelesne težine – hrana bogata vlaknima je tipično siromašna masnoćom i ima manju energetsku vrijednost, što je vrlo značajno za održavanje tjelesne težine.
- Smanjenje rizika obolijevanja od raka debelog crijeva – smatra se da povećan unos vlakana smanjuje rizik od raka debelog crijeva, što se temelji na istraživanju koje je uspoređivalo stopu oboljenja između država i regija s niskim i visokim unosom vlakana (Slavin, 2013.; Jalili i sur., 2001.).

### **2.2.1. Jabučni trop**

Jabučni trop nastaje u velikim količinama kao nusproizvod u procesu proizvodnje soka i bogat je vlaknima. Prehrambena vlakna, porijeklom od voća, su kvalitetnija jer imaju veći udio topljivih vlakana i ukupnih vlakana, veću sposobnost upijanja vode, bolje

fermentiraju u probavnom traktu te imaju nižu energetska vrijednost (Kolodziejczyk i sur. 2007.).

Udio ukupnih vlakana u tropu jabuke iznosi oko 55 %. Udio mono- i disaharida je također visok, oko 30 %. Jabučni trop sadržava značajnu količinu polifenola, oko 0,3 %. Kemijski sastav jabučnog tropa prikazan je u Tablici 1.

**Tablica 1.** Kemijski sastav jabučnog tropa (Kolodziejczyk i sur., 2007.)

Svojstva	Vrijednost (g/100g jabučnog tropa)
Ukupna prehrambena vlakna	55,2
Fruktoza	19,9
Saharoza	11,8
Glukoza	6,7
Sorbitol	1,4
Masti	1,5
Jabučna kiselina	2,1
Polifenoli	0,3
Voda	3,0

Morfološki sastav jabučnog tropa čini pulpa i kora. Komercijalni pripravci prehrambenih vlakana iz jabučnog tropa, gdje su prethodno uklonjene sjemenke i peteljka, sastoje se više od 50 % vlakana, vode manje od 9 %, niskog udjela masti i imaju nisku energetska vrijednost. Neutralnog su mirisa i okusa.

**Tablica 2.** Morfološki sastav jabučnog tropa (Kolodziejczyk i sur., 2007.)

Svojstva	Maseni udio (%)
Pulpa	54
Kora	34
Sjeme	7
Sjemena loža	4
Peteljka	2

Vlakna proizvedena od tropa, iz kojeg se prethodno nisu uklonile sjemenke, imaju gorči okus. Prehrambena vlakna se mogu proizvesti iz tropa, odvajanjem sjemena i tvrdih dijelova i usitnjavanjem čestica mljevenjem na odgovarajuću veličinu. Takvi pripravci

prehrambenih vlakana sadrže fenole koji su odgovorni za tamniju boju i gorči okus, što nije poželjno svojstvo proizvoda (Kolodziejczyk i sur., 2007.).

## **2.3. SIROVINE ZA PROIZVODNJU KRUHA**

Pod nazivom „kruh“ podrazumijevamo različite vrste kruha i peciva. Razlikuju se po obliku, izgledu kore i sredine, mekoći, boji, masi, okusu i mirisu. Proizvodnja kruha je složen slijed postupaka, gotovo toliko koliko ima različitih vrsta kruha i peciva. Svaki pekarski proizvod izrađuje se po svojstvenoj proceduri, ali osnovne sirovine su svima zajedničke: brašno, kvasac, sol i voda. Dodatne sirovine su: mlijeko i mliječni proizvodi, masnoća, različite sjemenke, aditivi i pomoćna proizvodna sredstva (Schünemann i Treu, 2012.).

### **2.3.1. Pšenično brašno**

Tehnološkim postupkom meljave očišćene i pripremljene pšenice dobiva se pšenično brašno i krupica za ljudsku ishranu, stočno brašno i mekinje, te se u maloj količini izdvaja klica. Brašno i krupica se sastoje od endosperma, dok se stočno brašno i mekinje sastoje od aleuronskog sloja zrna. Prije samog procesa mljevenja, zrno se mora očistiti i kondicionirati. Čišćenje se odnosi na uklanjanje crnih i bijelih primjesa preko sita različitih veličina otvora i oblikom otvora. Čišćenje se dalje odvija preko izdvajača kamena, trijera, čistilice, ribalice i magneta. Prilikom kondicioniranja, zrnena se masa prska vodom kako bi joj se povećala vlažnost i kako bi oslabile veze između pojedinih dijelova zrna. Postupak mljevenja se sastoji od usitnjavanja i razvrstavanja usitnjenog mliva. Postupak obuhvaća slijedeće postupke: krupljenje, rastvaranje krupice i okrajaka i izmeljavanje. Krupljenjem se razdvajaju anatomske dijelovi zrna kako bi se dobilo što više krupnih dijelova i obuhvaća 5-6 pasaža krupljenja. Izmeljavanjem se čestice krupice i okrajaka usitnjavaju i dobije se brašno za različite namjene (Đaković, 1997.; Kent i Evers, 1994.; Žeželj, 1995.).

Prema pravilniku o žitaricama, mlinskim i pekarskim proizvodima, tjestenini, tijestu i proizvodima od tijesta (MPŠVG, 2005) mlinski proizvodi moraju udovoljavati slijedećim parametrima kakvoće obzirom na količinu pepela, računato na suhu tvar:

- do 0,45% za krupicu i bijelo brašno tip 400;
- od 0,50% do 0,60% za bijelo brašno tip 550;
- od 0,65% do 0,75% za polubijelo brašno tip 700;
- od 0,80% do 0,90% za polubijelo brašno tip 850;
- od 1,05% do 1,15% za crno brašno tip 1100;



- od 1,55% do 1,65% za crno brašno tip 1600;
- do 3,00% za prekrupu;
- do 2,00% za brašno i prekrupu iz cijelog zrna;
- do 0,90% za krupicu iz durum pšenice;
- do 5,5% za klicu,
- do 7,00% za posije.

Bijela brašna se dobivaju meljavom središnjeg dijela zrna, gotovo bez prisustva aleuronskog sloja i omotača. Sadrže do 0,55 % pepela. Proizvode se dva tipa, tip 400 s udjelom pepela do 0,45 % i tip 550 s udjelom pepela od 0,45 do 0,55 %. Bijela brašna su meka, imaju mali udio glutena i proteina, masti, vitamina i enzima. Gluten bijeloga brašna ima odlična pecivna svojstva (Đaković, 1997.; Kent i Evers, 1994.).

Polubijela brašna imaju udio pepela od 0,80 do 0,90 %. Dobivaju se meljavom središnjeg dijela zrna ali s većim udjelom aleuronskog sloja i omotača. Tamnije su boje, udio glutena i proteina je veći, kao i udio masti, vitamina i enzima u odnosu na bijela brašna.

Crna brašna imaju visok udio pepela, između 0,95 i 1,15 %. Tamne su boje zbog velikog udjela aleuronskog sloja i omotača.

Prekrupa je usitnjeno cijelo zrno (Đaković, 1997.).

Prosječni kemijski sastav pojedinih tipova brašna prikazan je u Tablici 2.

**Tablica 2.** Prosječni kemijski sastav pojedinih tipova pšeničnog brašna (Đaković, 1997.).

Svojstva	Tip 400	Tip 550	Tip 850	Tip 1100	Tip 1600
Voda	15,0	14,5	14,0	13,5	14,0
Min. tvari	<0,45	0,45-0,55	0,80-0,90	1,05-1,15	<1,70
Proteini	10,3	11,1	11,7	12,8	12,5
Škrob	68	67	65	63	57
Šećeri	1,8	1,7	1,8	1,8	3,4
Masti	1,00	1,2	1,6	2,0	2,20
Vlakna	4,0	4,2	5,0	6,1	11,4

Škrob je u pšeničnom brašnu zastupljen u najvećem udjelu, oko 70 % na suhu tvar. Škrob se nalazi u unutrašnjem dijelu zrna (endospermu) u obliku granula. Granule mogu biti velike, elipsaste i manje, okrugle. Tijekom zagrijavanja pšeničnog škroba u kojeg je dodana voda, nastaje koloidna suspenzija, a sastoji se od amiloze i amilopektina. Osim škroba, u

pšeničnom brašnu se nalaze voda, mineralne tvari, proteini, šećeri, masti i vlakna (Kent i Evers, 1994.).

Udio proteina se kreće od 6 do 18% što ovisi o genetskim čimbenicima i klimatskom okruženju. U pšeničnom brašnu je oko 15% proteina topljivo u vodi ili vodenim otopinama soli (albumin ili globulin) i 85% proteina su uskladišteni proteini (prolamin i glutelin). Gluten formiraju uskladišteni proteini, odgovoran je za viskoelastična svojstva tijesta koje tijekom fermentacije ima sposobnost zadržavanja plinova (Hoseney, 1994.).



**Slika 2.** Prikaz rastezanja glutena (viskoelastična svojstva) (Shewry, 2009.)

Polovinu lipida brašna čine nepolarizirani lipidi (triacilgliceridi, masne kiseline, steroli i njegovi esteri), a polovinu polarizirani lipidi (fosfolipidi i glikozidi). Fosfolipidi povoljno djeluju na gluten, koji zadržava više plinova u tijestu i proizvod dobiva bolju strukturu i veći volumen. Glikolipidi i fosfolipidi se povezuju sa škrobom i s proteinima brašna i utječu na njihova svojstva pokretljivosti i savitljivosti.

Posije imaju veliki udio mineralnih tvari, dok endosperm ima mali udio. Visoki udio mineralnih tvari u brašnu ukazuje na prisutnost posija i utječe na tehnološki proces proizvodnje kruha, te na samu kvalitetu kruha i pekarskih proizvoda (Đaković, 1997.; Kent i Evers, 1994.; Hoseney, 1994.).

### **2.3.2. Kvasac**

U proizvodnji kruha, kvasac ima vrlo značajnu ulogu. Odgovoran je za dizanje tijesta i za volumen kruha. Doprinosi okusu i aromi kruha. Oni su posljedica djelovanja osnovnih sastojaka tijesta (brašno, kvasac, šećer i sol) i aroma stvorenih metabolizmom kvasca tijekom fermentacije tijesta. Najpoznatiji pekarski kvasac koji se koristi u domaćinstvu i

pekarskoj industriji je *Saccharomyces cerevisiae*. Količina potrebnog kvasca ovisi o njegovoj aktivnosti, količini šećera u tijestu, vođenju postupka izrade tijesta, temperaturi tijesta i temperaturi pri kojoj se odvija završna fermentacija. Što je tijesto hladnije, potrebna je veća količina kvasca, i obrnuto (Schünemann i Treu, 2012.).

### **2.3.3. Voda**

Udio vode u brašnu se kreće od 13 do 14%, i može se naći u kapilarnom, vezanom i slobodnom obliku. Voda koje se koristi za zamjes mora zadovoljiti odredbe Zakona o vodi za ljudsku potrošnju (HS, 2013) i Pravilnika o sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (MZ, 2013).

### **2.3.4. Sol**

Sol utječe na reološka svojstva tijesta i kruhu daje slani okus. U zamjes se dodaje između 1 i 2 % soli računato na brašno. Omogućava povezivanje glutenskih lanaca, što tijestu daje čvrstoću (Schünemann i Treu, 2012.).

### **2.3.5. Dodatne sirovine**

Dodatne sirovine se dijele na tri skupine:

- sastojci (mlijeko u prahu, masnoće, gluten, sojino brašno i šećeri)
- aditivi (emulgatori i konzervansi)
- pomoćna sredstva (enzimi i pentozani)

Upotreba poboljšivača je preporučljiva pri proizvodnji pekarskih proizvoda. Osnovna svrha dodavanja poboljšivača ili smjesa je poboljšati svojstva tijesta, kakvoću gotovih proizvoda (vanjski izgled, struktura, volumen, elastičnost sredine), okus i miris, spriječiti kvarenje kruha, produžiti svježinu i povećati hranjivu vrijednost pekarskih proizvoda.

Glavni sastojci poboljšivača i smjesa su askorbinska kiselina, emulgatori, enzimi, konzervansi, vlakna, vitamini i minerali (Schünemann i Treu, 2012.).

## 2.4. TEHNOLOŠKI PROCES PROIZVODNJE KRUHA

Proizvodi od žitarica sadrže mali udio masti, puno ugljikohidrata i vlakana te vitamine i minerale. Najznačajniji proizvodi od žitarica su pekarski proizvodi koji se nalaze na u bazi piramide zdrave prehrane. Naziv kruh se odnosi na različite vrste kruha i peciva. Svaka vrsta kruha se odlikuje određenim karakteristikama i prepoznatljiva je kao takva (Schünemann i Treu, 2012.; Cauvain i Young, 1998.).

Prema Pravilniku o žitaricama, mlinskim i pekarskim proizvodima, tjestenini, tijestu i proizvodima od tijesta, kruh je proizvod mase preko 250 g proizveden miješanjem, oblikovanjem, vrenjem (fermentacijom) i pečenjem tijesta umiješanog iz mlinskih proizvoda različitih žitarica, vode, pekarskog kvasca ili drugih sredstava za fermentaciju, soli te drugih sastojaka ili smjesa za pekarske proizvode (MPŠVG, 2005.).

Prema vrsti upotrijebljenih sastojaka, kruh se razvrstava i stavlja na tržište:

- pšenični kruh;
- raženi kruh;
- kruh drugih krušnih žitarica;
- miješani kruh;
- kruh posebnih vrsta (MPŠVG, 2005.).

### 2.4.1. Tehnološke faze proizvodnje kruha

Proces proizvodnje kruha se mora pažljivo planirati, jer kada se sastojci počnu miješati, proces se ne može prekinuti bez značajnih posljedica na pečenom proizvodu:

1. Priprema sirovina
2. Izrada tijesta
3. Fermentacija tijesta
4. Obrada tijesta
5. Završna fermentacija
6. Pečenje

#### 1. Priprema sirovina

Za proizvodnju kruha se uglavnom upotrebljava pšenično brašno, koje se djelomično može zamijeniti drugim vrstama brašna. Brašno se prije zamjesa prosijava i propušta preko magneta. Količina vode koja se dodaje u zamjes ovisi o kvaliteti brašna i moći upijanja vode. Udio vode u zamjesu se kreće od 50 do 60%. Temperatura vode za krušna tijesta treba biti

od 26 do 32°C. U zamjes se dodaje 1 – 3% kvasca. Uglavnom se koristi prešani kvasac. Bitno je dodati optimalnu količinu kvasca, kako bi se pravilno odvijala fermentacija i dobio kruh odgovarajućih svojstava. U zamjes se mora dodati sol (1-2%) radi čvrstoće glutena i postizanja okusa (Schünemann i Treu, 2012.; Cauvain i Young, 1998.).

## 2. Izrada tijesta

Miješanjem pšeničnog brašna, vode, soli i kvasca zajedno s drugim sastojcima nastaje tijesto viskoelastične konzistencije. Tijekom miješanja, topljive tvari prelaze u otopinu (sol, šećer) i od topljivih proteina i pentozana se formira koloidna otopina. Škrob upija vodu i bubri. Intenzivno miješanje povećava brzinu sazrijevanja tijesta, ujednačen raspored stanica kvasca, što povećava volumen i poroznost tijesta (Schünemann i Treu, 2012.).

## 3. Fermentacija tijesta

Fermentacija tijesta se odvija na temperaturi od 28 do 30 °C. Trajanje fermentacije ovisi o vrsti i tipu brašna, tehnološkom postupku proizvodnje kruha, aktivnosti kvasca i o temperaturi. Tijekom fermentacije se može provesti premjesivanje tijesta kako bi se stanice kvasca ravnomjerno raspodijelile (Schünemann i Treu, 2012.; Cauvain i Young, 1998.).

## 4. Obrada tijesta

Nakon fermentacije, slijedi oblikovanje tijesta koje može biti ručno ili strojno. Sastoji se od dijeljenja tijesta na komade, okruglo oblikovanje, odmaranje tijesta i završno oblikovanje. Tijekom oblikovanja na površini tijesta stvara se pokožica koja sprječava izlazak plinova iz tijesta. Odmaranje tijesta se provodi prije završnog oblikovanja i duljina odmaranja je vezana za reologiju tijesta. Do većih promjena u reologiji dolazi ako se tijesto duže odmara, što utječe na konačnu kvalitetu kruha (Cauvain i Young, 2000.).

## 5. Završna fermentacija

Oblikovani komadi tijesta stavljaju se u komore za fermentaciju. Završna fermentacija se odvija u kontroliranoj atmosferi, pri temperaturi 40 – 45 °C i 85 % relativne vlažnosti. Tijekom fermentacije, škrob iz brašna se pretvara u dekstrine i šećere putem aktivnosti

enzima. Kvasac proizvodi ugljikov dioksid i alkohol. Ugljikov dioksid uzrokuje rast tijesta (Whitworth i Alava, 1999.).

## 6. Pečenje

Pečenje kruha je proces u kojem se tijesto pretvara u gotov proizvod pod utjecajem topline. Pečenjem tijesto mijenja izgled, formira strukturu, okus i aromatična svojstva te mijenja veličinu. Glavne promjene koje se događaju tijekom pečenja su: promjena boje površine proizvoda uslijed hidrolize škroba i karamelizacije šećera, smanjenje mase proizvoda zbog sušenja i povećavanje volumena proizvoda (proizvodnja plinova i isparavanje vode) (Chevallier sur., 2002.). Temperatura pečenja ovisi o vrsti proizvoda i tipu brašna. U prvoj fazi pečenja potrebno je vlažiti peć vodenom parom (tlak 0,5 bara i temperatura 106 – 110 °C) do postizanja relativne vlažnosti zraka od 70 – 85 %. Bez prisutnosti vodene pare, nastala bi kora koja bi onemogućila širenje tijesta i pojavu pukotina. Površinski sloj tijesta se vrlo brzo zagrijava i toplina se širi u koncentričnim krugovima, sve do sredine. Na temperaturi od 55 – 66 °C dolazi do koagulacije proteina. Intenzivno isparavanje vode i stvaranje tvrde kore nastaje na temperaturi od 100 °C. Nakon pečenja, kruh je potrebno postepeno hladiti, oko 10 do 15 minuta, kako ne bi došlo do pucanja kore (Schünemann i Treu, 2012.; Cauvain i Young, 1998.).

### 2.4.2. Volumen kruha

Volumen kruha se određuje mjerenjem volumena volumetrom ili metodom istjecanja sjemenki iz lijevka. Mjerenje volumetrom se provodi na način da se u centar posude, između elastičnih traka postavi kruh, zatvori se poklopac i posuda se okrene za 180°. Volumen se očitava na skali cilindra. Mjerenje volumena istjecanjem sjemenki se provodi tako da se zasun na lijevku potpuno otvori, u sredinu mjerne posude postavi se kruh u trenutku kada sjemenke ispune dno. Zasun se zatvori kada se sjemenke počnu prelijevati preko ruba. Ravnalom se površina sjemenki zaravni, a preostale sjemenke se stave u menzuru i očitava se volumen, koji je jednak volumenu kruha (AACC, 2000.).

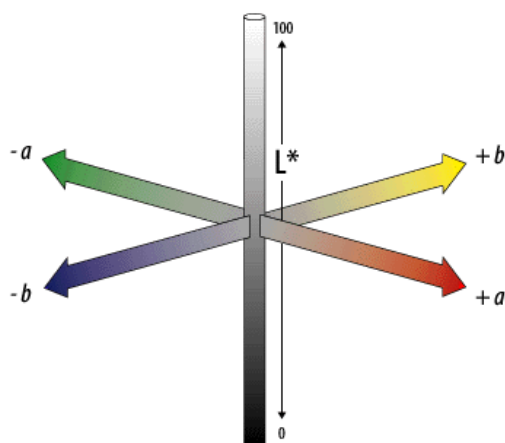
### 2.4.3. Analiza teksture

Tekstura je skupina fizikalnih svojstava koji se određuju osjetilom dodira. Tekstura je u vezi s deformacijom, dezintegracijom i tečenjem pod utjecajem sile. Utječe na rukovanje proizvodima i na vijek trajanja proizvoda te na njihovu prihvatljivost od strane potrošača. Analizom teksture se određuju čvrstoća, elastičnost, kohezivnost i otpor žvakanju.

### 2.4.4. Boja

Prva karakteristika proizvoda koju potrošač uočava je boja, i ona utječe na odabir proizvoda. Boja proizvoda je ujedno pokazatelj mogućih nepravilnosti ili oštećenja, koja nastaju tijekom proizvodnje. Boja se može odrediti vizualnim promatranjem ili koristeći mjerne uređaje. Kako je određivanje boje vizualnim promatranjem subjektivno i ovisi od promatrača do promatrača, uporabom mjernih uređaja mogu se dobiti precizniji (objektivniji) mjerni rezultati.

U novije vrijeme, boja hrane se najčešće određuje u  $L^*a^*b$  prostoru boja koji je najbližiji ljudskoj percepciji boja.  $L^*a^*b$  prostor boja je internacionalni standard za mjerenje boja, usvojen od internacionalnog povjerenstva (Commission Internationale d'Eclairage – CIE) (León i sur. 2005.).



**Slika 3.** Prikaz boja u  $L^*a^*b$  prostoru boja (<http://...cielab.html>)

### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**



### 3.1. ZADATAK

Zadatak rada je bio odrediti utjecaj jabučnog tropa na svojstva i promjenu boje kruha tijekom pečenja u različitim vremenskim periodima (nakon 7., 14. i 21. minute pečenja). Određivan je i specifični volumen pomoću laserskog skenera uređaja Volscan Prolifer, boja površine korice te boja sredine kruha pomoću uređaja Minolta Chroma Meter CR-300, potom je analizirana tekstura uređajem TA.XT Plus. Navedeni kvalitativni parametri određivali su se nakon sva tri planirana vremenska perioda pečenja. U gotovom proizvodu, (nakon 21. minute pečenja) pratio se udio i aktivitet vode u sredini i korici kruha, te se provelo senzorsko ocjenjivanje kako bi se utvrdio optimalni udio jabučnog tropa u kruhu.

### 3.2. MATERIJALI

Sirovine:

- 200 g brašnaste sirovine (100 %)
- 36 g pekarskog kvasca
- 30 g kuhinjske soli
- 37,2 g šećera (1,86 %)
- 0,1 g askorbinske kiseline (0,005 %)
- voda (prema sposobnosti upijanja vode)
- suhi jabučni trop (zamjes za pšenično brašno u udjelu 5, 10 i 15 %)

Priprema sirovina:

- 1000 g brašna vlažnosti 14 %; masa brašna za zamjes korigira se prema vlažnosti brašna prema formuli:

$$m_B (g) = \frac{(100 - 14)}{100 - w_{H_2O}} \cdot 1000$$

(jednadžba 1)

- voda za zamjes izračuna se prema sposobnosti upijanja vode:

$$m_{H_2O}(g) = \frac{\text{sposobnost upijanja vode (\%)} \cdot m_B (g)}{100}$$

(jednadžba 2)

### 3.3. METODE

#### 3.3.1 Određivanje specifičnog volumena kruha

Volumen kruha je jedan od osnovnih parametara za procjenu kvalitete kruha. Ovo je vrlo važan kriterij kvalitete za potrošače, jer veći volumen kruha u odnosu na istu masu kruha znači bolju aeraciju proizvoda i kvalitetniju teksturu. Za proizvođače je također vrlo bitno odrediti volumen kruha, kako bi se dobili podaci o gustoći mrvica kruha i snazi glutena. Nezadovoljavajući volumen kruha upućuje na to da je korišteno brašno loše kvalitete ili da je niske enzimске aktivnosti. Isto tako jaka brašna mogu rezultirati malim volumenom kruha, što znači da je za fermentaciju potrebno više vremena kako bi gluten postao rastezljiviji ([www.stablemicrosystems.com](http://www.stablemicrosystems.com)).



**Slika 4.** Prikaz uređaja za mjerenje volumena kruha Volscan Profiler

Princip mjerenja se temelji na laserskom skeniranju proizvoda, a dobiveni rezultati se prikazuju u digitalnom obliku. Volumen kruha se izračunava iz dobivenih podataka mjerenja. Uređaj Volscan profiler 600 mjeri volumen kruha i pekarskih proizvoda s maksimalnom dužinom 600 mm i promjerom 380 mm.

#### 3.3.2 Određivanje boje površine korice i boje sredine kruha

Boja površine korice i boja sredine kruha mjerena je kolorimetrom Konica Minolta Meter CR-400. Mjerna glava uređaja koristi difuzno svjetlo, koje pulsirajuća ksenonska lampa baca na površinu uzorka. Promjer mjernog otvora je 8 mm. Reflektirajuća svjetlost detektira

se pomoću šest osjetljivih silikonskih fotočelija ([www.sensing.konicaminolta.asia/products/cr-300-chroma-meter/](http://www.sensing.konicaminolta.asia/products/cr-300-chroma-meter/)).



**Slika 5.** Prikaz uređaja za mjerenje boje Minolta Meter CR-400

Prije svakog mjerenja, uređaj je potrebno kalibrirati pomoću standardne bijele keramičke pločice (CR-A43). Poja površine korice i sredine uzoraka kruha praćena je na svježim uzorcima i na pečenim uzorcima nakon 7,14 i 21 min.

Izmjerena boja definirana je određenim mjestom u trodimenzionalnom  $L^*a^*b^*$  prostoru boja (CIELAB). Trodimenzionalan prostor predstavljaju tri međusobno okomite osi koje su označene kao  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$ , pri čemu je:

$L^*$  - parametar svjetline, kreće se u rasponu od 0 (crna) do 100 (bijela);

$a^*$  - parametar obojenja s pozitivnim i negativnim smjerom;  $+a^*$  vektor crvene boje (eng. red) i  $-a^*$  vektor za komplementarnu zelenu boju (eng. green);

$b^*$  - parametar obojenja s pozitivnim i negativnim smjerom;  $+b^*$  vektor žute boje (eng. yellow) i  $-b^*$  vektor za komplementarnu plavu boju (eng. blue).

Prema izmjerenim vrijednostima boje korice i sredine kruha s različitim udjelom jabučnog tropa ( $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$ ), izračunata je i ukupna promjena boje ( $\Delta E$ ) prema jednadžbi 1. Udaljenost između dvije točke u koordinatnom sustavu (razlika između dvije boje) izračunava se i definira kao ukupna promjena boje, a odnos između ukupne promjene boje i tolerancije ljudskog oka za uočavanje razlike između boja dana je u Tablici 3.

$$\Delta E = \sqrt{(L_0^* - L^*)^2 + (a_0^* - a^*)^2 + (b_0^* - b^*)^2} \quad (\text{jednadžba 3})$$

- $L_0^*$  - parametar svjetline tijesta  
 $L^*$  - parametar boje uzorka CIEL\*a\*b\* prostora boje – svjetlina boje (engl. *lightness*)  
 $a_0^*$  - parametar boje tijesta CIEL\*a\*b\* prostora boja  
 $a^*$  - parametar boje uzorka CIEL\*a\*b\* prostora boja  
 $b_0^*$  - parametar boje tijesta CIEL\*a\*b\* prostora boja  
 $b^*$  - parametar boje uzorka CIEL\*a\*b\* prostora boja  
 $\Delta E$  - ukupna promjena boje kruha

**Tablica 3.** Odnos između izračunate vrijednosti ( $\Delta E$ ) i tolerancije ljudskog oka za uočavanje razlike između boja

$\Delta E$	Oznaka
<0,2	Nije uočljiva
0,2 – 1	Vrlo slabo uočljiva
1 – 3	Slabo uočljiva
3 – 6	Uočljiva
>6	Vrlo uočljiva

### 3.3.3 Određivanje teksture kruha

Za određivanje teksture kruha koristio se uređaj TA.XT Plus, a dobiveni podaci se analiziraju pomoću softvera TextureExponent 32. Uzorak kruha se izreže na šnite debljine 25 mm (4 šnite) i izlažu dvostrukoj kompresiji cilindričnim nastavkom P/36R promjera 36 mm prema slijedećim parametrima:

- Kalibracija visine: 30 mm
- Brzina prije mjerenja: 1 mm/s
- Brzina mjerenja: 1,7 mm/s
- Brzina nakon mjerenja: 5 mm/s
- Dubina prodiranja cilindra: 10 mm (40%)
- Vrijeme zadržavanja između dvije kompresije: 5 s
- Potrebna sila za početni signal: 5 g

Računalni program zapisuje krivulju promjene sile koja je potrebna za kompresiju uzorka u određenom vremenu prema prethodno podešenim parametrima. Iz dobivenih rezultata očitavaju se:

- Čvrstoća – visina prvog pika (u jedinicama mase g ili sile N);
- Kohezivnost – snaga unutrašnjih veza materijala potrebnih da zadrže uzorak koherentnim pri deformaciji, izražava se omjerom površina ispod drugog i prvog pika ( $\text{Površina 2AiB/Površina 1AiB}$ )
- Elastičnost – trenutna elastičnost – omjer oporavka uzorka od deformacije pri prvoj kompresiji, izražava se omjerom površine ispod krivulje tijekom prve dekompresije i površine ispod krivulje tijekom prve kompresije ( $\text{Površina 1B/Površina 1AiB}$ )
- Otpor žvakanju – energija koju je potrebno utrošiti za žvakanje uzorka (otpor uzorka žvakanju), izražava se umnoškom čvrstoće, kohezivnosti i odgođene elastičnosti.



**Slika 6.** Prikaz uređaja za određivanje teksture TA.XT Plus

### 3.3.4 Određivanje udjela vode u kruhu

Udio vode se određuje sušenjem uzorka u točno definiranim uvjetima i predstavlja gubitak mase izražen u postotcima. U prethodno osušenu i odvagano posudicu izmjeri se 5 - 6 g pripremljenog uzorka s točnošću 0,001 g i suši u sušioniku zagrijanom na 130 °C. poklopac se skine i ostavi pokraj posudice. Uzorak se suši do konstantne mase (90 min). Vrijeme se računa od trenutka kad temperatura u sušioniku nakon unošenja posudice dosegne 130 °C. Nakon sušenja, posudice se zatvore poklopcima i stave u eksikator. Važu se kada se ohlade na sobnu temperaturu (nakon 30 do 60 min).

Određen je udio vode u uzorcima kruha s dodatkom jabučnog tropa nakon 0, 7, 14 i 21 minute pečenja.

$$W_v = \frac{(m - m_0)}{m_0} \cdot 100$$

(jednadžba 4)

$m_0$  – masa uzorka prije sušenja (g)

$m$  – masa uzorka nakon sušenja (g)

$W_v$  - udio vode (%)

### 3.3.5 Određivanje aktiviteta vode u kruhu

Pripremljeni uzorak se stavi u malu plastičnu posudu. Posuda se stavi u ležište uređaja za određivanje aktiviteta vode (Rotronic, HygroPalm AW1) i pokreće se mjerenje. Mjerenja su provedena na način da se mjerio aktivitet uzoraka nakon 0, 7, 14 i 21 minute pečenja.

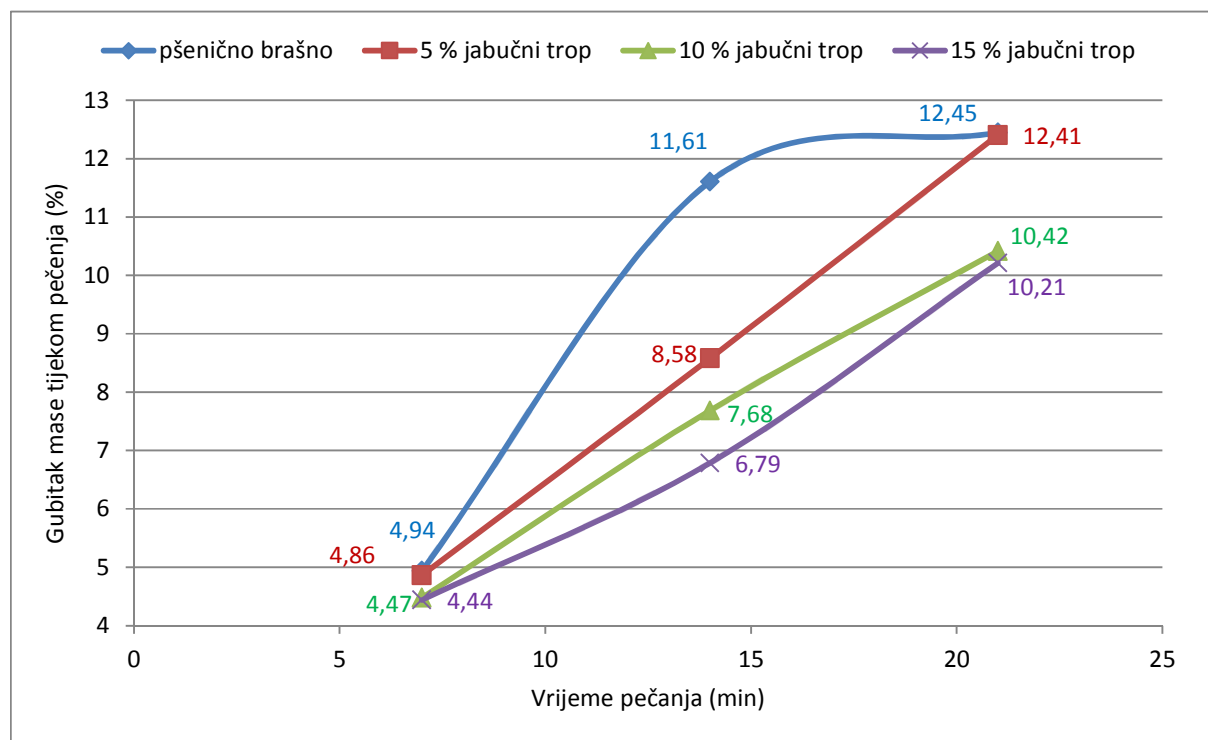
### 3.3.6 Senzorsko ocjenjivanje kruha

Senzorsko ocjenjivanje kruha provelo je dvanaest senzorskih analitičara koji dobro poznaju svojstva kruha i pekarskih proizvoda. Svaki ocjenjivač je na traci duljine 10 centimetara označio koliko mu se pojedini uzorak sviđa. 10 centimetara označava visoko poželjan a 0 centimetara označava visoko nepoželjan uzorak (Yamsaengsung i sur., 2012.).

Kod kruha s jabučnim tropom ocjenjivala su se slijedeća svojstva: vanjski izgled, izgled sredine, miris, okus i ukupni dojam.

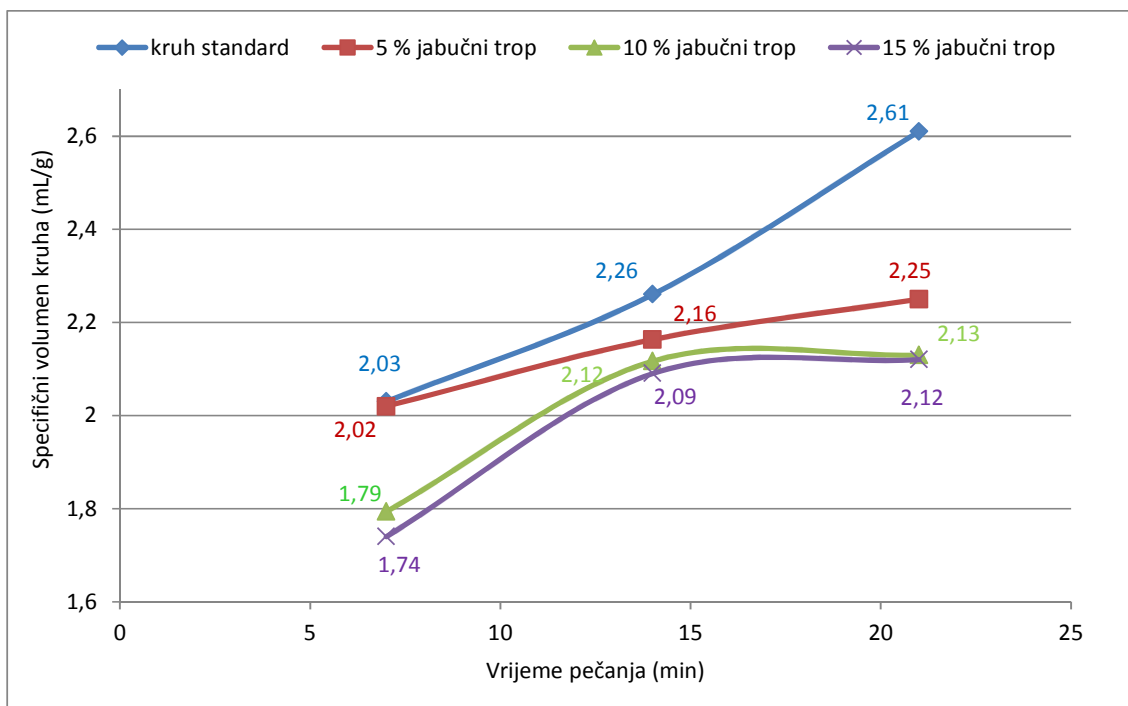
## **4. REZULTATI**

#### 4.1. PROMJENA MASE I SPECIFIČNOG VOLUMENA UZORKA KRUHA S DODATKOM JABUČNOG TROPA TIJEKOM PEČENJA

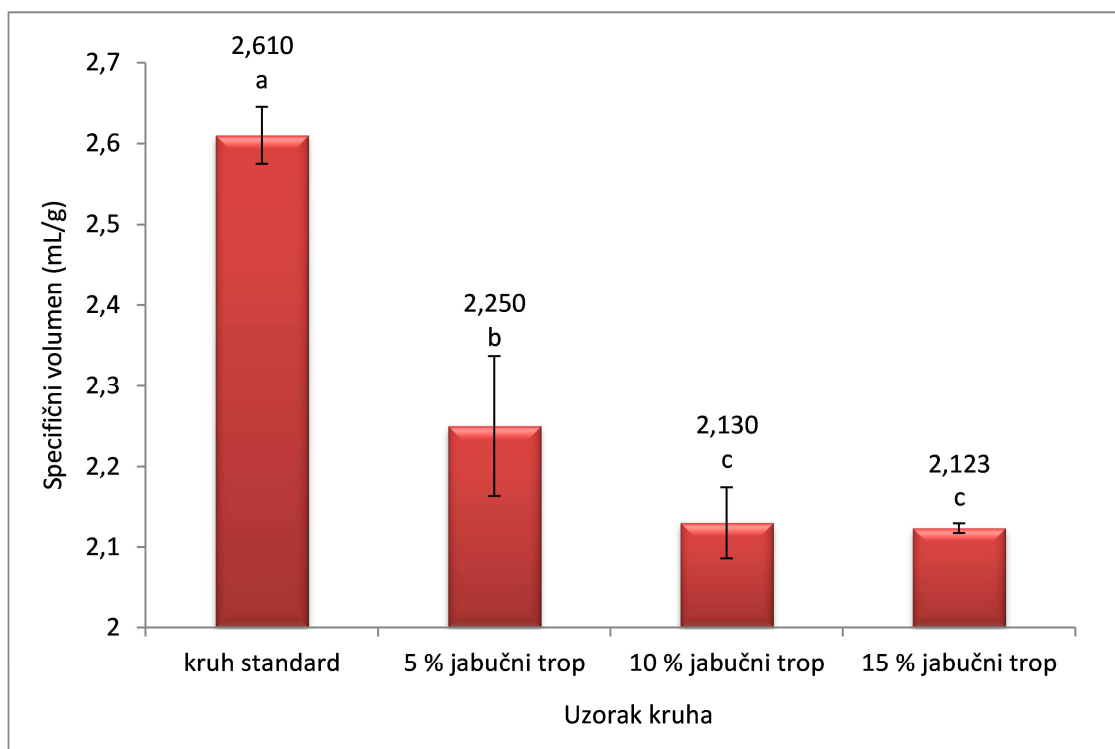


**Slika 7.** Gubitak mase pečenjem kruha (%) u 7, 14 i 21 minuti u odnosu na početnu masu tijesta stavljenog u pećnicu kod standardnog uzorka od pšeničnog brašna i uzoraka s dodatkom različitih udjela jabučnog tropa





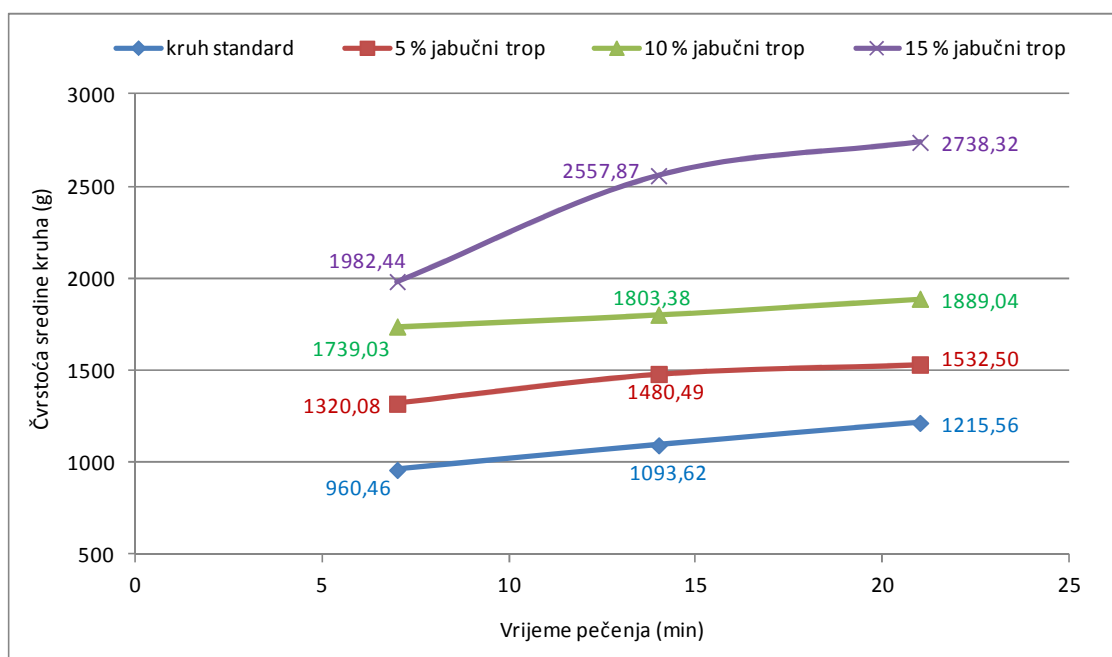
**Slika 8.** Promjena specifičnog volumena kruha tijekom pečenja kod standardnog uzorka od pšeničnog brašna i uzoraka s dodatkom različitih udjela jabučnog tropa.



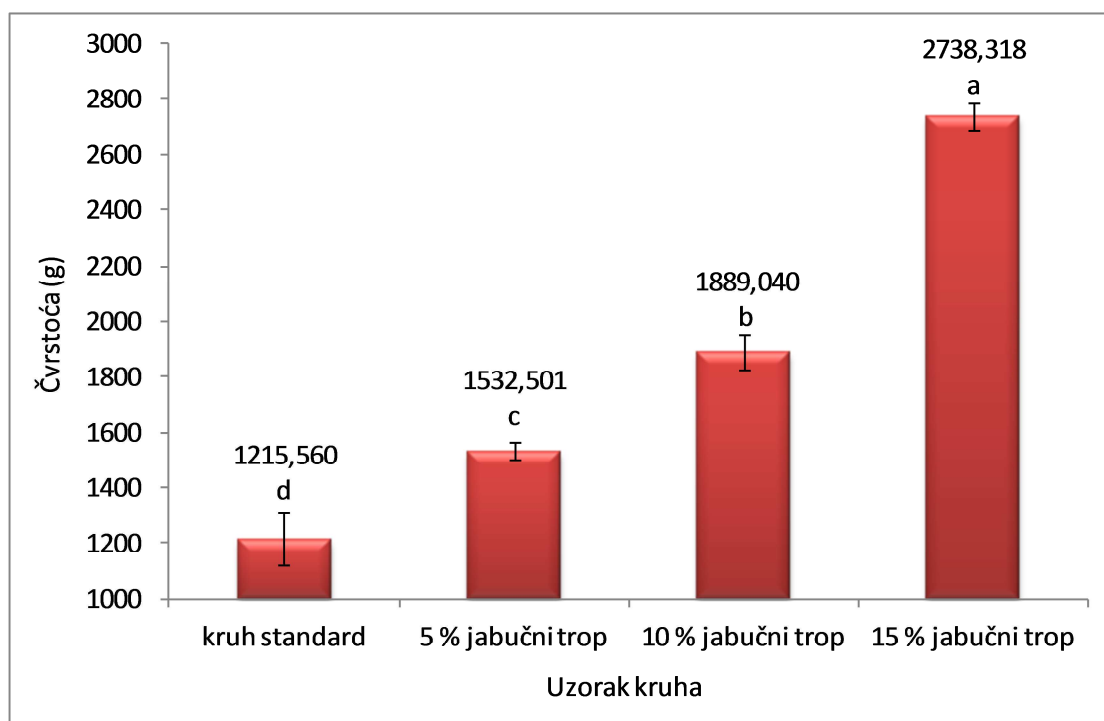
**Slika 9.** Rezultati statističke analize specifičnog volumena kruha od pšeničnog brašna i s dodatkom jabučnog tropa (nakon 21 minute pečenja).

Prikazani podaci su srednje vrijednosti  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,5$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

## 4.2 REZULTATI TEKSTURE KRUHA

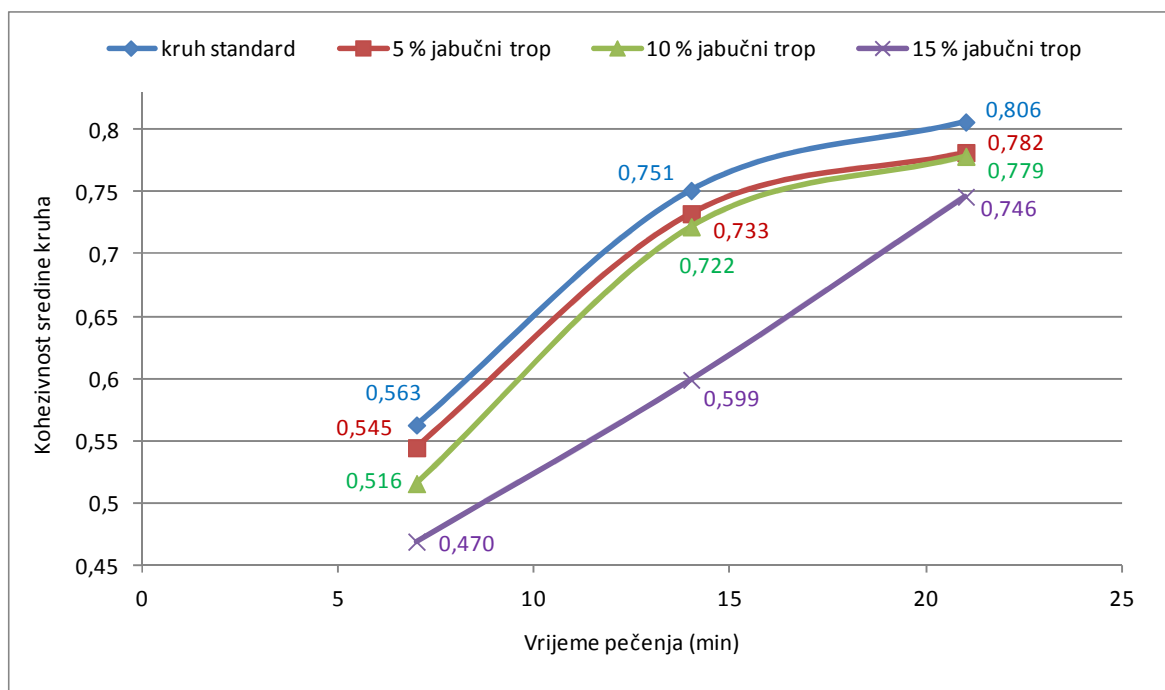


**Slika 10.** Rezultati čvrstoće (g) sredine kruha tijekom pečenja kod standardnog uzorka od pšeničnog brašna te uzoraka s dodatkom 5, 10 i 15 % jabučnog tropa

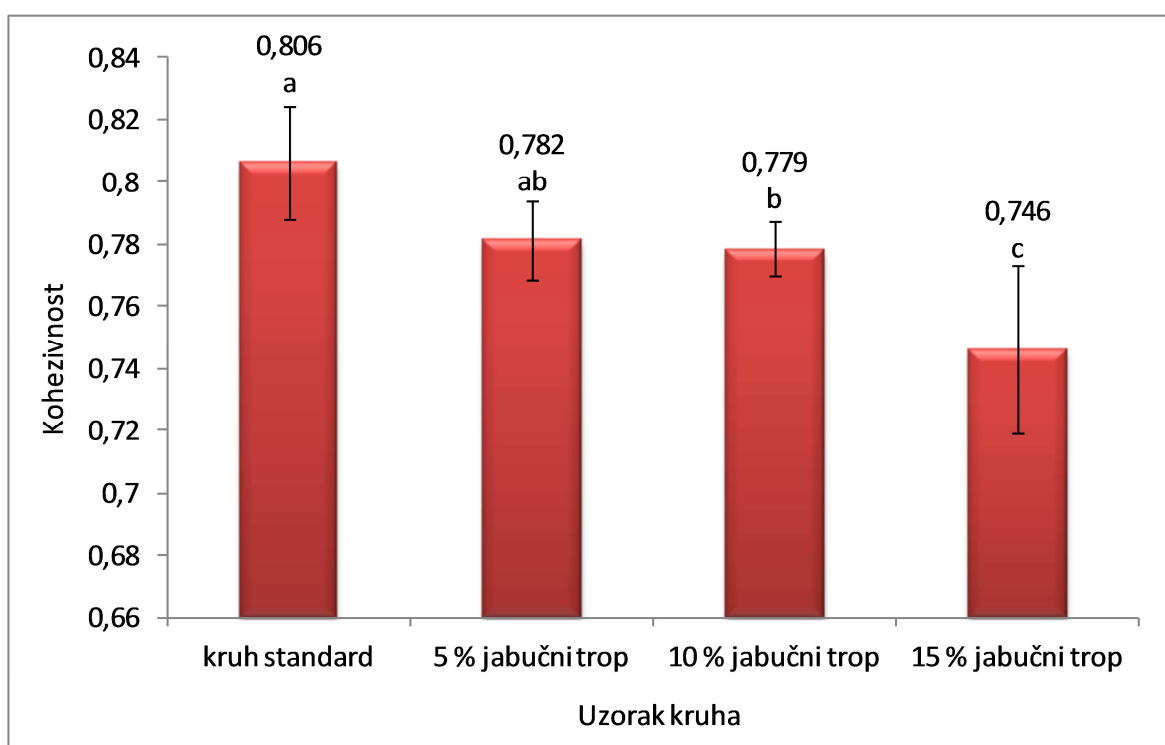


**Slika 11.** Rezultati statističke analize čvrstoće kruha od pšeničnog brašna i s dodatkom jabučnog tropa (nakon 21 minute pečenja).

Prikazani podaci su srednje vrijednosti  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,5$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

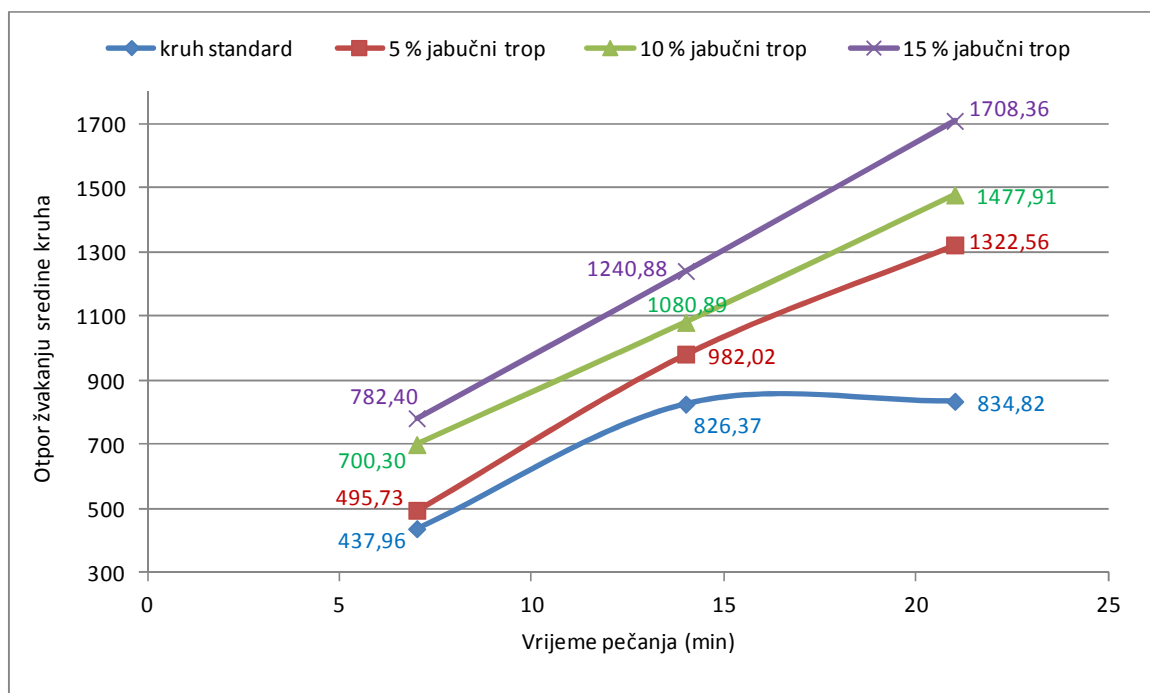


**Slika 12.** Rezultati kohezivnosti sredine kruha tijekom pečenja kod standardnog uzorka od pšeničnog brašna te uzoraka s dodatkom 5, 10 i 15 % jabučnog tropa

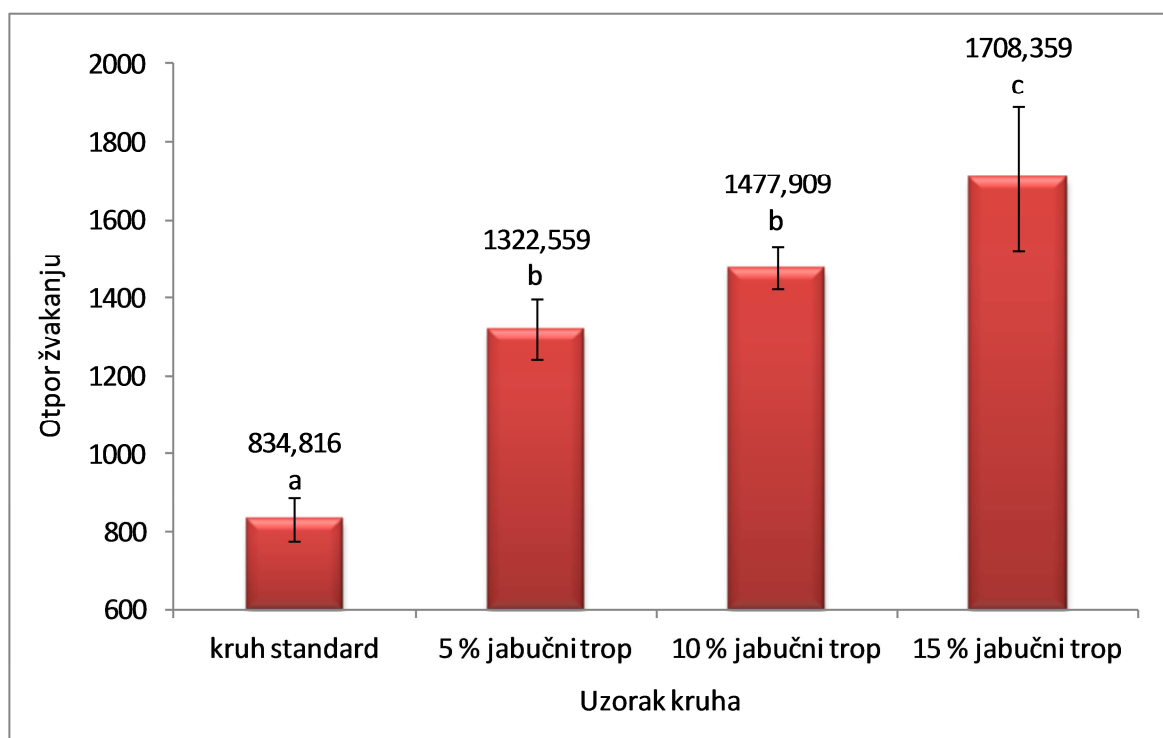


**Slika 13.** Rezultati statističke analize kohezivnosti sredine kruha od pšeničnog brašna i s dodatkom jabučnog tropa (nakon 21 minute pečenja).

Prikazani podaci su srednje vrijednosti  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,5$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

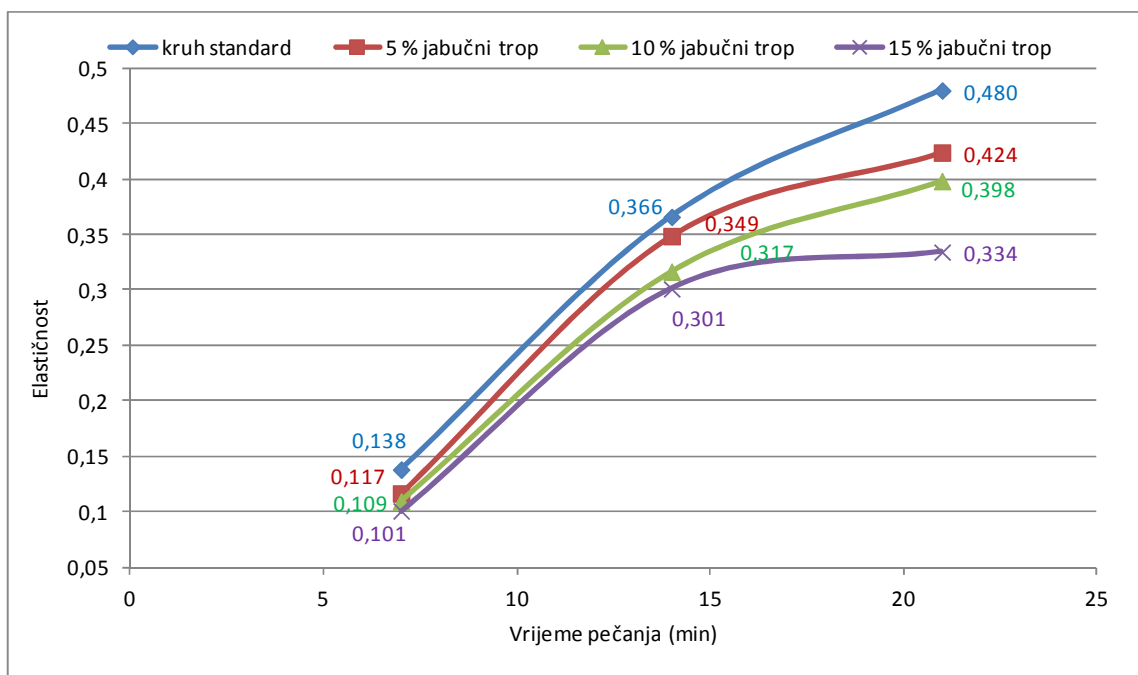


**Slika 14.** Rezultati otpora žvakanju sredine kruha tijekom pečenja kod standardnog uzorka od pšeničnog brašna te uzoraka s dodatkom 5, 10 i 15 % jabučnog tropa

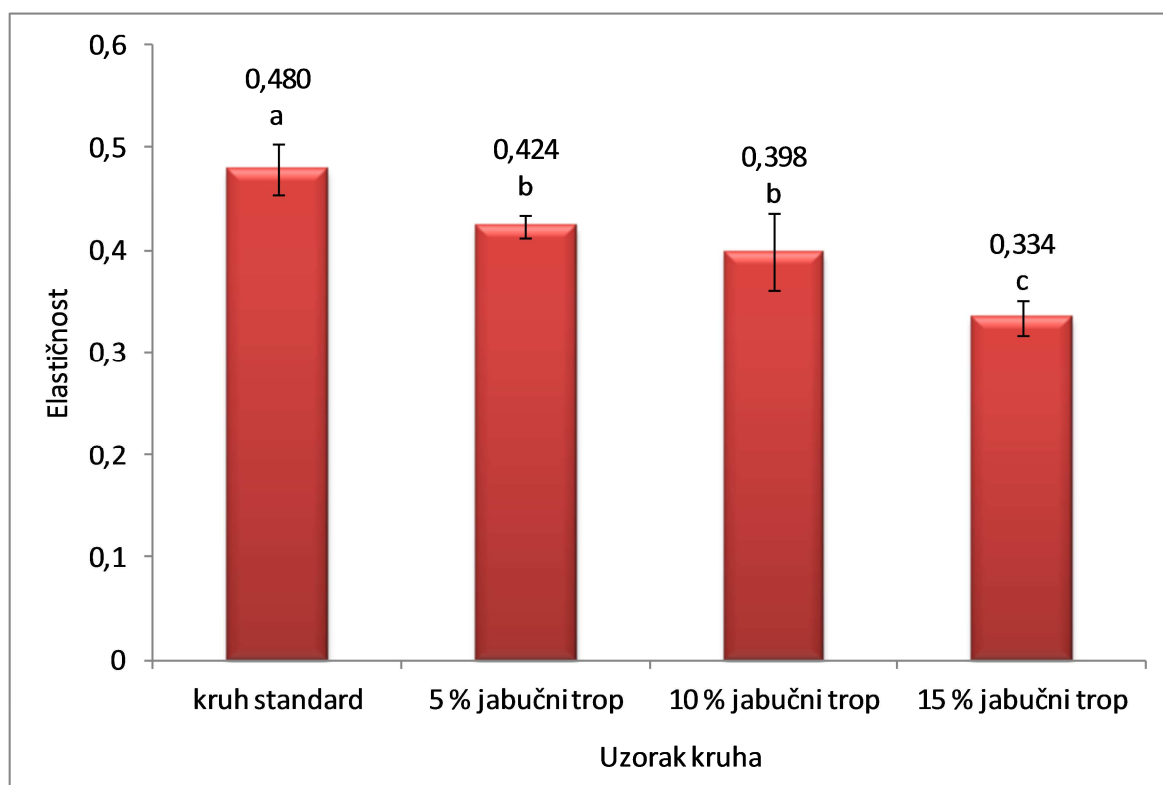


**Slika 15.** Rezultati statističke analize otpora žvakanju sredine kruha od pšeničnog brašna i s dodatkom jabučnog tropa (nakon 21 minute pečenja).

Prikazani podaci su srednje vrijednosti  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,5$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.



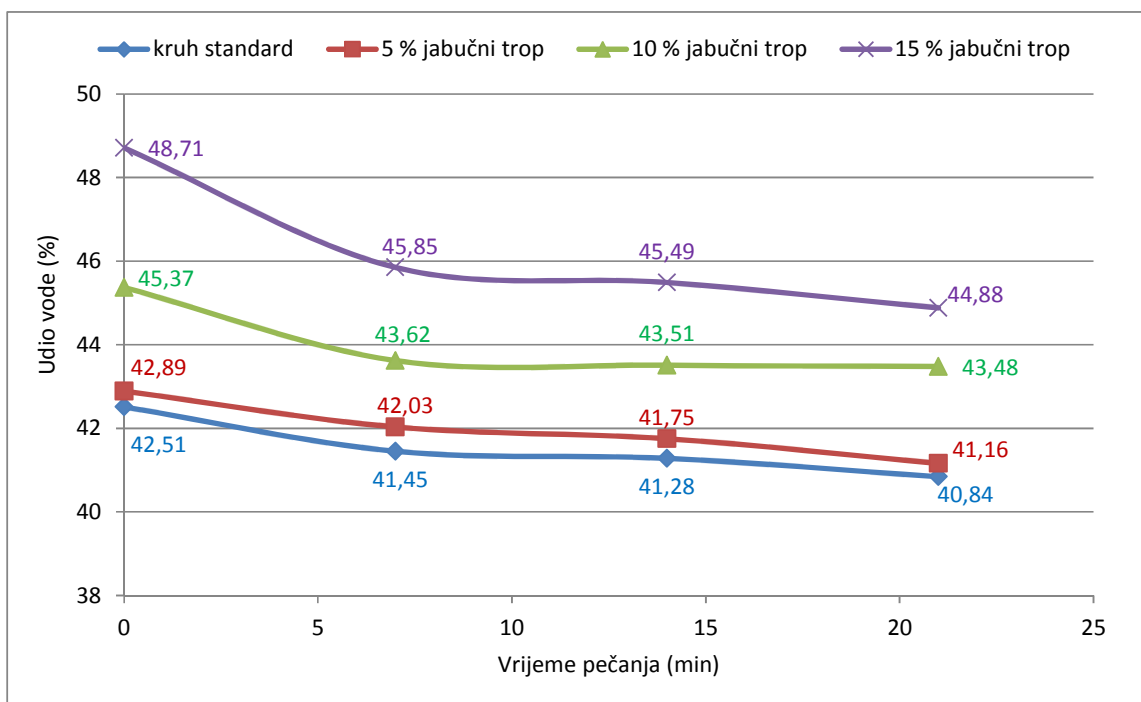
**Slika 16.** Rezultati elastičnosti sredine kruha tijekom pečenja kod standardnog uzorka od pšeničnog brašna te uzoraka s dodatkom 5, 10 i 15 % jabučnog tropa



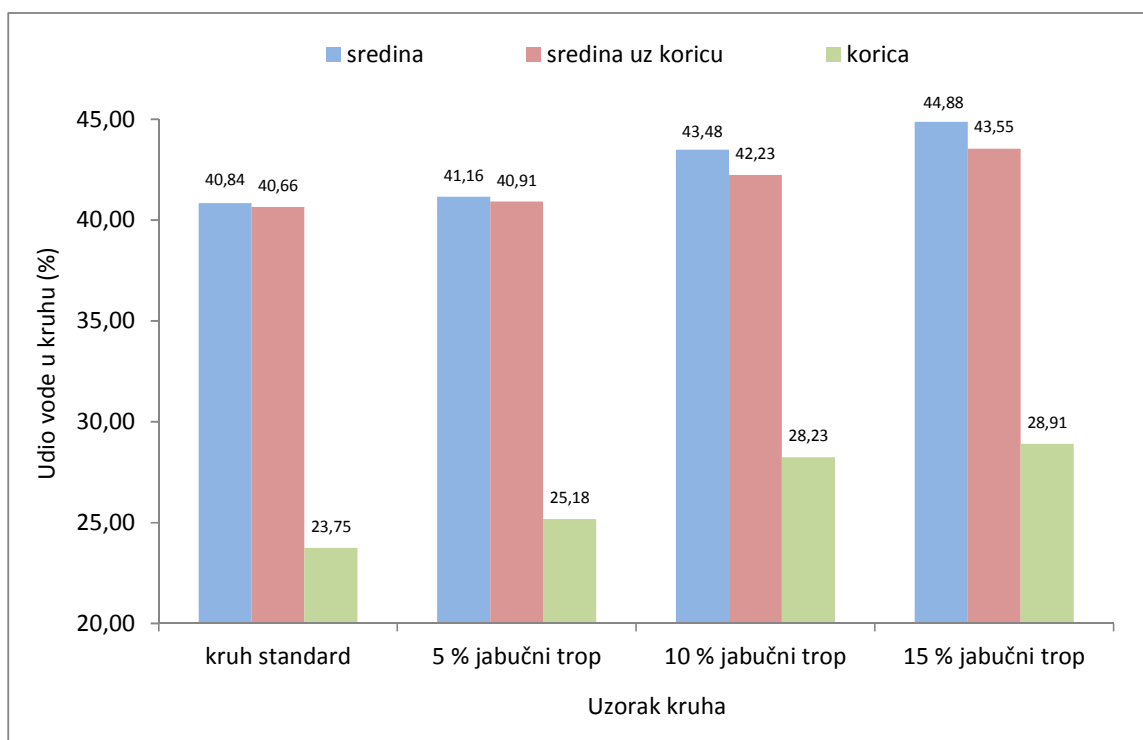
**Slika 17.** Rezultati statističke analize elastičnosti sredine kruha od pšeničnog brašna i s dodatkom jabučnog tropa (nakon 21 minute pečenja).

Prikazani podaci su srednje vrijednosti  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ( $p < 0,5$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

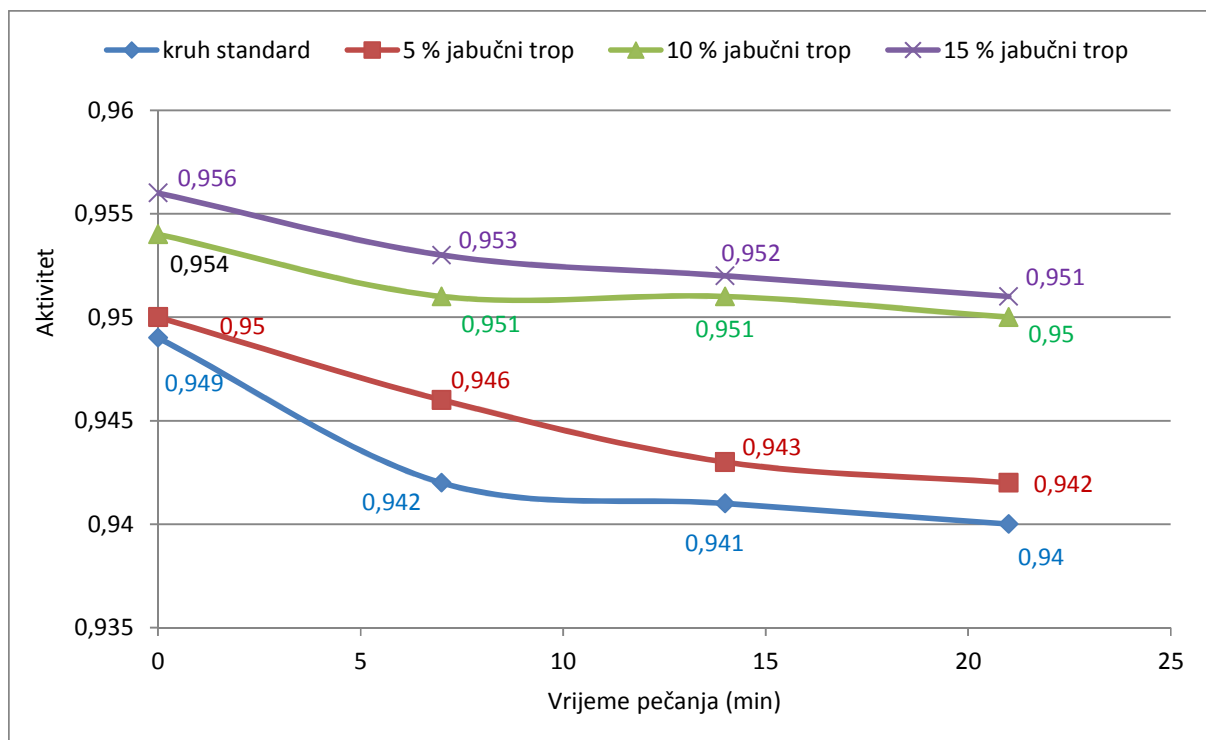
### 4.3. ODREĐIVANJE UDJELA I AKTIVITETA VODE



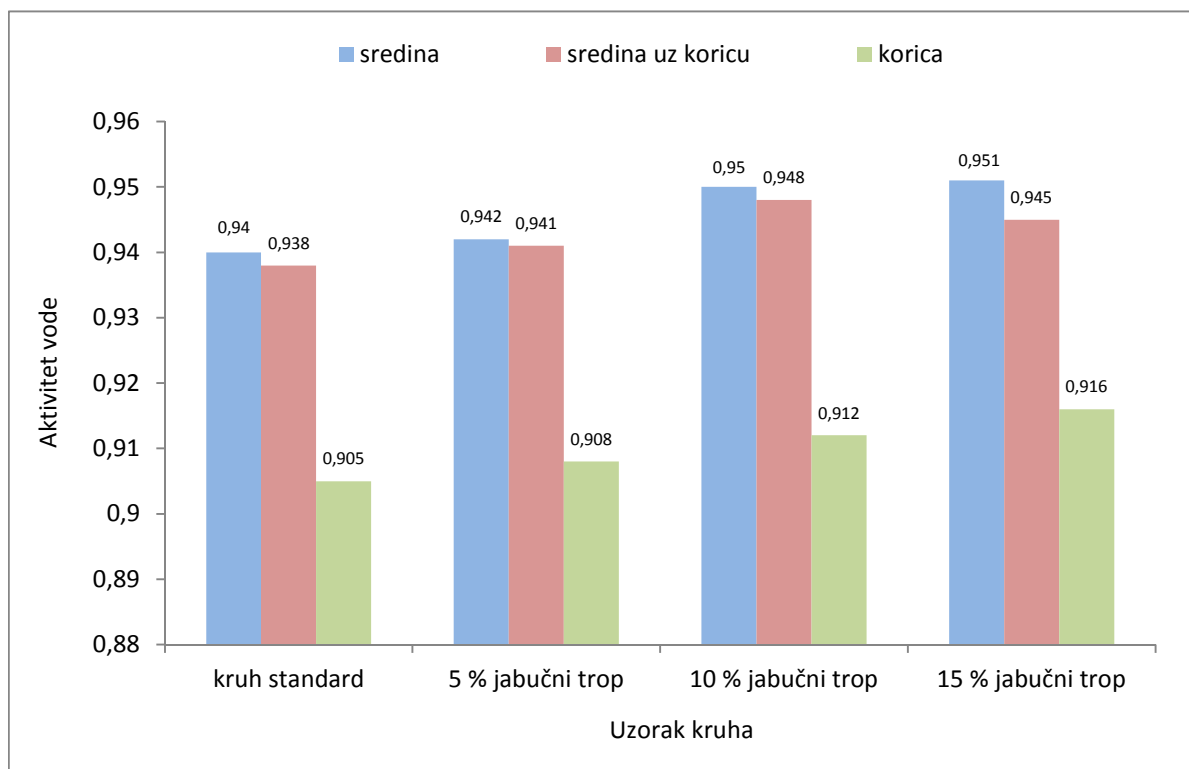
**Slika 18.** Udio vode u uzorcima tijesta prije pečenja (0 min) i kruha tijekom pečenja kod standardnog uzorka (pšenično brašno) i uzoraka s dodatkom 5, 10 i 15 % jabučnog tropa.



**Slika 19.** Udio vode u pojedinim zonama standardnog kruha od pšeničnog brašna te s 5, 10 i 15 % jabučnog tropa

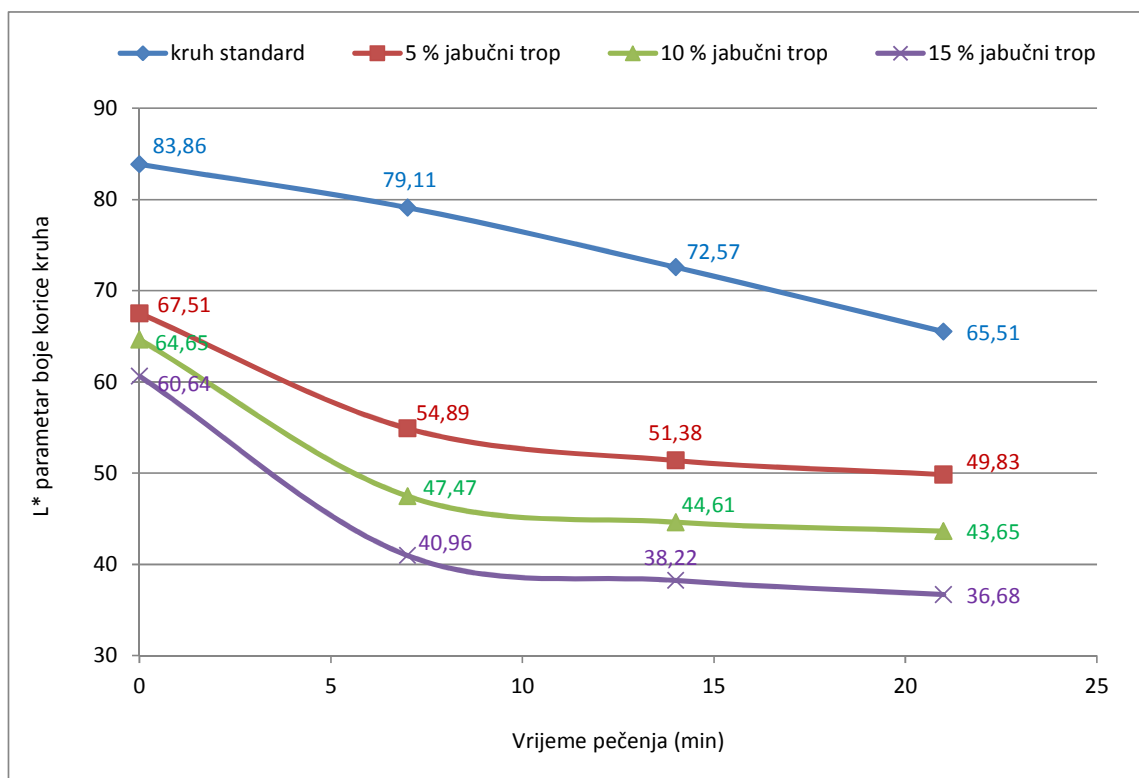


**Slika 20.** Aktivitet vode u uzorcima tijesta prije pečenja (0 min) i kruha tijekom pečenja kod standardnog uzorka (pšenično brašno) i uzoraka s dodatkom 5, 10 i 15 % jabučnog tropa.

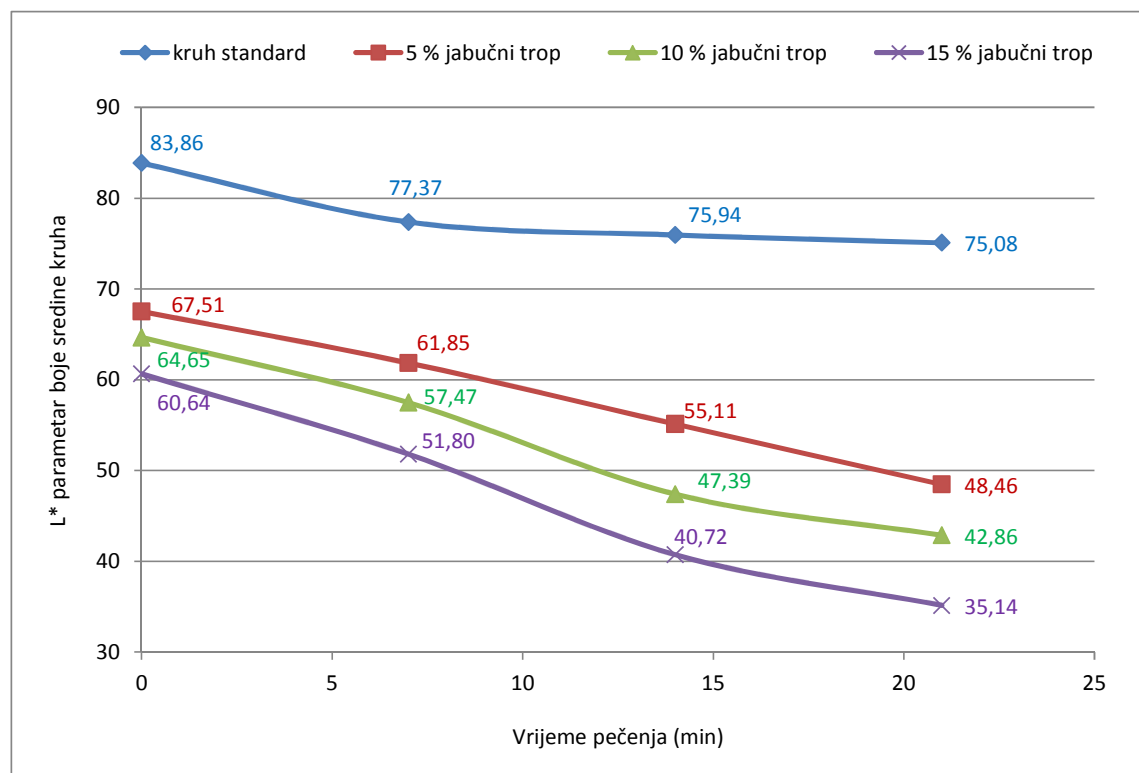


**Slika 21.** Aktivitet vode u pojedinim zonama standardnog kruha od pšeničnog brašna te s 5, 10 i 15 % jabučnog tropa

## 4.4 REZULTATI MJERENJA BOJE UZORAKA KRUHA



**Slika 22.** Promjena parametra svjetline boje ( $L^*$ ) korice kruha tijekom pečenja



**Slika 23.** Promjena parametra svjetline boje ( $L^*$ ) sredine kruha tijekom pečenja



**Tablica 4:** Rezultati određivanja svjetline boje (L\*) korice i sredine kruha sa i bez dodatka jabučnog tropa nakon 21 minute pečenja

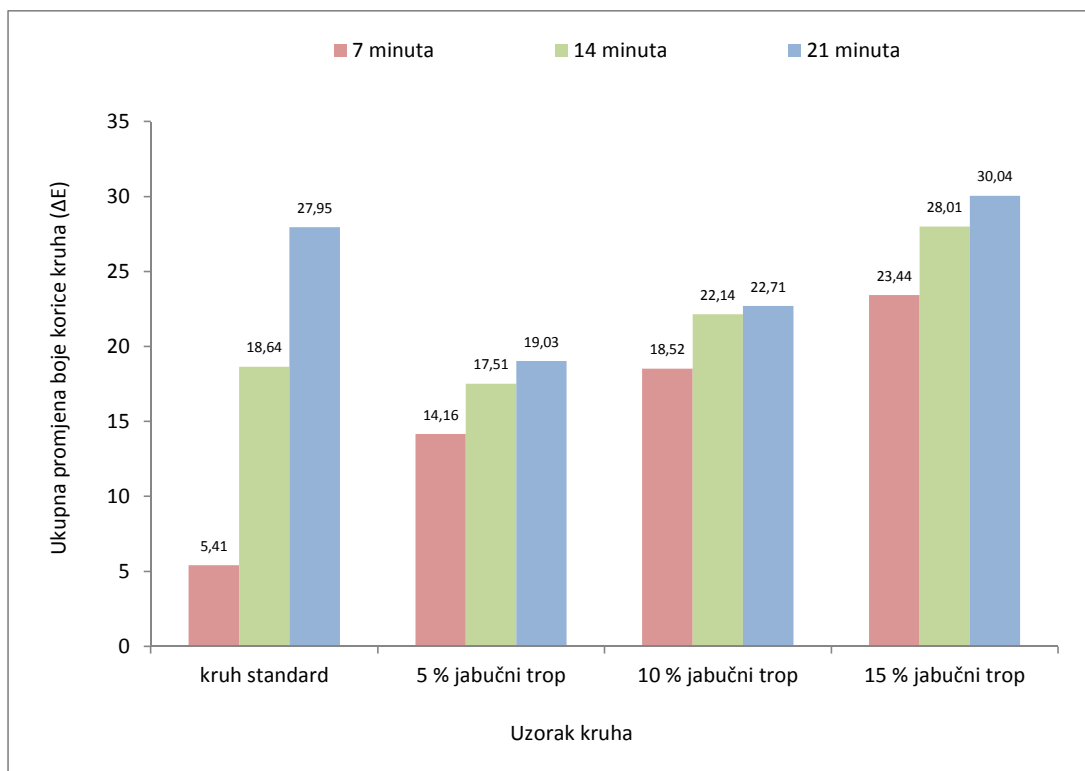
Uzorak kruha s:	pšeničnim brašnom	5 % jabučnog tropa	10 % jabučnog tropa	15 % jabučnog tropa
<b>korica kruha</b>	65,51 ± 1,65 <sup>a</sup>	49,83 ± 1,38 <sup>a</sup>	44,05 ± 1,02 <sup>a</sup>	36,68 ± 1,85 <sup>a</sup>
<b>sredina kruha</b>	75,08 ± 1,95 <sup>b</sup>	48,46 ± 5,72 <sup>a</sup>	41,06 ± 2,66 <sup>a</sup>	35,14 ± 0,73 <sup>a</sup>

Prikazani podaci su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom u istom stupcu nisu statistički značajno različite (p<0,5) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

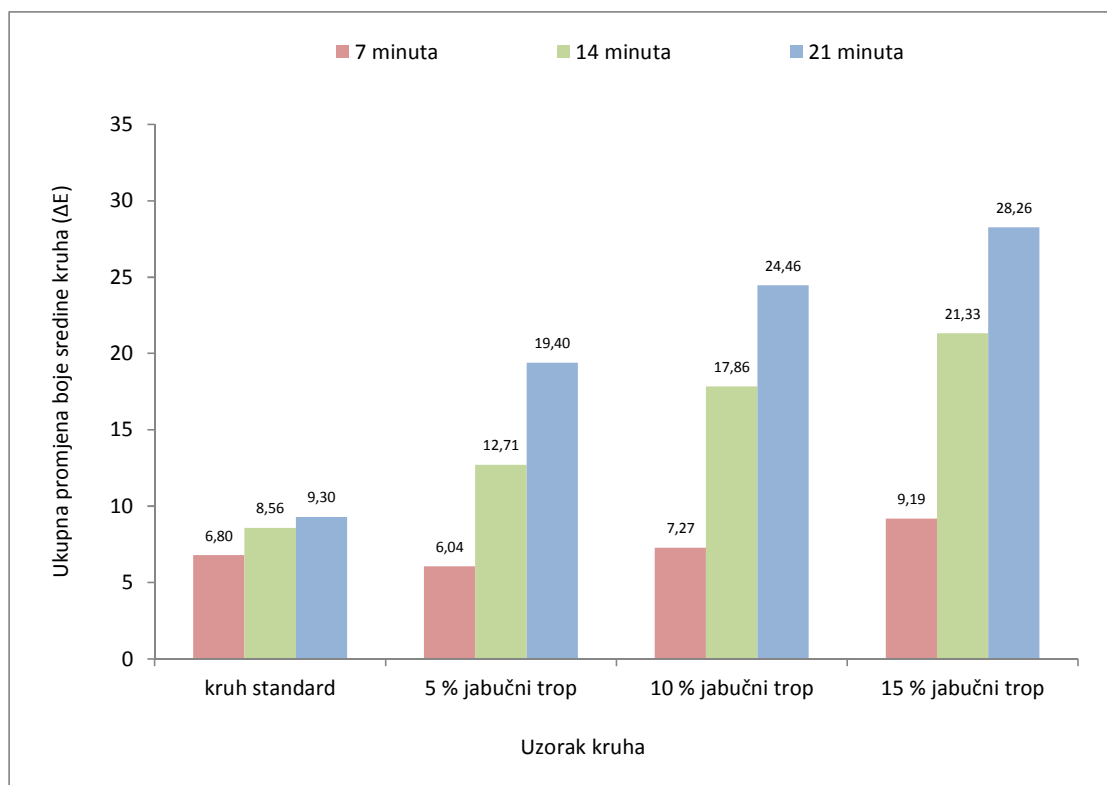
**Tablica 5:** Rezultati određivanja parametra boje b\* korice i sredine kruha sa i bez dodatka jabučnog tropa nakon 21 minute pečenja

Uzorak kruha s:	pšeničnim brašnom	5 % jabučnog tropa	10 % jabučnog tropa	15 % jabučnog tropa
<b>korica kruha</b>	37,73 ± 2,81 <sup>a</sup>	22,96 ± 1,40 <sup>a</sup>	18,31 ± 1,60 <sup>a</sup>	11,40 ± 0,14 <sup>a</sup>
<b>sredina kruha</b>	16,71 ± 0,65 <sup>b</sup>	23,92 ± 3,89 <sup>a</sup>	20,28 ± 2,13 <sup>a</sup>	14,87 ± 0,40 <sup>b</sup>

Prikazani podaci su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom u istom stupcu nisu statistički značajno različite (p<0,5) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.



**Slika 24.** Ukupna promjena boje korice kruha tijekom pečenja uzorka kruha od pšeničnog brašna i s dodatkom jabučnog tropa



**Slika 25.** Ukupna promjena boje sredine kruha tijekom pečenja uzorka kruha od pšeničnog brašna i s dodatkom jabučnog tropa

## 4.5. SENZORSKA OCJENA KRUHA

**Tablica 6:** Rezultati senzorske ocjene kruha s jabučnim tropom:

Uzorak kruha s:	vanjski izgled	izgled sredine	miris	okus	ukupan dojam
<b>pšeničnim brašnom</b>	9,02 ± 0,41 <sup>a</sup>	9,48 ± 0,46 <sup>a</sup>	9,27 ± 0,20 <sup>a</sup>	9,25 ± 0,24 <sup>a</sup>	9,31 ± 0,22 <sup>a</sup>
<b>5 % jabučnog tropa</b>	6,98 ± 0,36 <sup>b</sup>	7,52 ± 0,25 <sup>b</sup>	7,25 ± 0,32 <sup>b</sup>	7,98 ± 0,31 <sup>b</sup>	7,81 ± 0,32 <sup>b</sup>
<b>10 % jabučnog tropa</b>	7,02 ± 0,29 <sup>b</sup>	7,50 ± 0,32 <sup>b</sup>	7,27 ± 0,20 <sup>b</sup>	7,92 ± 0,31 <sup>b</sup>	7,42 ± 0,22 <sup>c</sup>
<b>15 % jabučnog tropa</b>	6,52 ± 0,25 <sup>c</sup>	7,02 ± 0,33 <sup>c</sup>	6,98 ± 0,33 <sup>c</sup>	6,50 ± 0,28 <sup>c</sup>	7,04 ± 0,30 <sup>d</sup>

Prikazani podaci su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom u istom stupcu nisu statistički značajno različite ( $p < 0,5$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

## **5. RASPRAVA**

U ovom radu prikazani su rezultati analize kruha s dodatkom različitih udjela jabučnog tropa, koji su uspoređeni s rezultatima analize standardnog uzorka kruha od pšeničnog brašna. Određivani su slijedeći parametri: masa, specifični volumen, tekstura, udio i aktivitet vode te boja kruha, a provedeno je i senzorsko ocjenjivanje uzoraka kruha.

Slika 7 prikazuje gubitak mase tijekom pečenja u odnosu na početnu masu tijesta stavljenog u pećnicu kod standardnog uzorka od pšeničnog brašna i uzorka s dodatkom različitih udjela jabučnog tropa. Gubitak mase tijekom pečenja pratio se nakon 7, 14 i 21 minute pečenja. Najveći gubitak mase tijekom pečenja imao je standardni uzorak od čistog pšeničnog brašna. Najmanji gubitak mase pečenjem nakon 7, 14 pa tako i 21 minute pečenja imali su uzorci s dodatkom 15 % jabučnog tropa.

Iz rezultata praćenja promjene specifičnog volumena kruha tijekom pečenja na slici 8 vidljivo je da je najveći porast specifičnog volumena tijekom pečenja imao standardni uzorak, a najmanji porast specifičnog volumena imao je uzorak s dodatkom 15 % jabučnog tropa. Na slici 9 prikazani su rezultati specifičnog volumena svih ispitivanih uzoraka nakon 21. minute pečenja, pri čemu je vidljivo da postoji statistički značajna razlika između standardnog uzorka i uzoraka s dodacima, prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike ( $p < 0,5$ ). Najveću vrijednost specifičnog volumena imao je uzorak kruha od čistog pšeničnog brašna (2,61 mL/g), a najmanju uzorak s dodatkom 15 % jabučnog tropa (2,12 mL/g). Zamjenom pšeničnog brašna jabučnim tropom smanjuje se količina glutena u tim uzorcima, što utječe na smanjenje volumena uzoraka s dodatkom jabučnog tropa.

Rezultati određivanja čvrstoće sredine kruha, vidljivi na slici 10, prikazuju značajno odstupanje uzorka s dodatkom 15 % jabučnog tropa, koji pokazuje najveću čvrstoću, u odnosu na standardni uzorak i uzorke od 5 % i 10 % jabučnog topa. Najmanju čvrstoću imao je standardni uzorak. Na slici 11 prikazani su rezultati statističke analize čvrstoće kruha od pšeničnog brašna i kruha u kojem je pšenično brašno zamijenjeno s 5, 10 i 15 % jabučnog tropa, nakon 21 min pečenja. Prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike ( $p < 0,5$ ), jasno je vidljivo kako je povećanje čvrstoće uzoraka kruha s dodatkom 15 % jabučnog tropa statistički značajno različito u odnosu na standardni uzorak.

Rezultati izmjerenih vrijednosti kohezivnosti sredine kruha, prikazani na slici 12, prikazuju da je najveću kohezivnost imao standardni uzorak, a najmanju uzorak s dodatkom 15 % jabučnog tropa. Statistička analiza značajnosti smanjenja kohezivnosti kruhova s dodatkom jabučnog tropa u odnosu na uzorak od čistog pšeničnog brašna pokazala je kako je smanjenje kohezivnosti uzoraka s dodatkom 15 % jabučnog tropa statistički značajno različito nakon 21. minute pečenja, što se jasno vidi na slici 13.

Na slici 14 prikazane su vrijednosti otpora žvakanju sredine kruha tijekom pečenja, iz čega je vidljivo kako najveći otpor pokazuje kruh s dodatkom od 15 % jabučnog tropa, a najmanji otpor pokazuje standardni uzorak kruha nakon svakog ispitivanog vremena pečenja. Slika 15 prikazuje rezultate statističke analize otpora žvakanju sredine kruha od pšeničnog brašna i kruhova s dodatkom jabučnog tropa nakon 21 min pečenja. Vidljivo je kako se statistički značajno povećanje otpora žvakanju, u odnosu na standardni uzorak, pokazuje kod uzoraka s dodatkom 15 % jabučnog tropa u odnosu na uzorke s dodatkom 5 % i 10 % jabučnog tropa koji se međusobno statistički značajno ne razlikuju.

Iz grafa na slici 16, na kojem su prikazani rezultati vrijednosti elastičnosti sredine kruha, vidi se kako standardni uzorak ima najveću vrijednost elastičnosti sredine, dok uzorak s dodatkom 15 % jabučnog tropa ima najnižu vrijednost. To potvrđuje i slika 17, gdje su prikazani rezultati statističke analize smanjenja elastičnosti kruha s različitim udjelima jabučnog tropa u odnosu na standardni kruh. Prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike ( $p < 0,5$ ), u 21. minuti pečenja, uzorak s 15% jabučnog tropa se statistički značajno razlikuje u odnosu na uzorke s dodatkom 5 i 10 % jabučnog tropa koji se međusobno statistički značajno ne razlikuju.

Slika 18 prikazuje udio vode u uzorcima tijesta prije pečenja i tijekom pečenja kruha kod standardnog uzorka i uzorka s dodatkom 5, 10 i 15 % jabučnog tropa. Vidljivo je kako je najveće smanjenje udjela vode (u odnosu na početni udio vode u tijestu) nakon 21 min pečenja imao uzorak s dodatkom 15 % jabučnog tropa. Isti uzorak (s dodatkom 15 % jabučnog tropa) ujedno je imao i najveći udio vode u tijestu prije samog pečenja, a isto tako i u kruhu kao gotovom proizvodu (nakon 21. min pečenja). Takvi rezultati su očekivani, obzirom da je jabučni trop bogat vlaknima, te se zamjenom brašna s 15 % jabučnog tropa kao sirovine, povećava sposobnost upijanja vode. Najmanje smanjenje udjela vode imao je uzorak s dodatkom 5 % jabučnog tropa. Najniže vrijednosti udjela vode imao je standardni uzorak, bez dodatka jabučnog tropa.

Iz rezultata udjela vode u pojedinim zonama standardnog kruha od pšeničnog brašna i kruhova s 5, 10 i 15 % jabučnog tropa prikazanih na slici 19 vidljivo je kako je udio vode u korici kruha kod svih uzoraka manji od udjela vode u sredini i uz koricu. Najveći udio vode ima uzorak sredine kruha s 15 % jabučnog tropa.

Rezultati praćenja aktiviteta vode ( $a_w$ ) tijekom pečenja, na slici 20, pokazuju da najveće smanjenje  $a_w$  ima uzorak s dodatkom od 5 % jabučnog tropa, a najmanje smanjenje  $a_w$  ima standardni uzorak kruha. Najvišu vrijednost aktiviteta vode prije samog pečenja imao je uzorak s dodatkom 15 % jabučnog tropa, a najnižu standardni uzorak od čistog pšeničnog brašna.

Slika 21 prikazuje aktivitet vode u pojedinim zonama standardnog kruha od pšeničnog brašna te kruha s 5, 10 i 15 % jabučnog tropa. Korica uzorka standardnog kruha pokazuje najniži aktivitet vode, dok najviši aktivitet vode pokazuje sredina kruha s 15 % jabučnog tropa.

Vrijednosti svjetline ( $L^*$ ) korice kruha tijekom pečenja prikazane su na slici 22. Najveća vrijednost svjetline (najsvjetliji uzorak) zabilježen je kod uzorka kruha bez dodataka jabučnog tropa (83,86), a najmanja vrijednost svjetline (najtamniji uzorak) kod uzorka s dodatkom 15 % jabučnog tropa. Povećanjem udjela jabučnog tropa, te duljim pečenjem, vrijednosti svjetline su manje (korica kruha je tamnija). Vrijednosti svjetline sredine kruha tijekom pečenja, kod standardnog uzorka te kod uzorka kruha sa 5, 10 i 15 % jabučnog tropa, su se tijekom pečenja smanjivale (sredina kruha je tamnija), što je vidljivo na slici 23.

Tablica 4 prikazuje rezultate određivanja svjetline boje ( $L^*$ ) korice i sredine kruha, sa i bez dodataka jabučnog tropa, nakon 21 minute pečenja. Iz tablice je vidljivo kako između vrijednosti svjetline ( $L^*$ ) korice kruha od pšeničnog brašna i kruhova s dodatkom jabučnog tropa, prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike, ne postoji statistički značajna razlika, dok su vrijednosti sredine uzoraka kruha s dodatkom jabučnog tropa statistički značajno različite u odnosu na standardni uzorak (nakon 21 minute pečenja), iako međusobno ne pokazuju statistički značajnu razliku.

Iz tablice 5, koja prikazuje vrijednosti parametra boje  $b^*$  korice i sredine kruha sa i bez dodatka jabučnog tropa, kako ne postoji statistički značajna razlika kod korice kruha nakon 21 minute pečenja između standardnog uzorka i uzoraka s dodatkom jabučnog tropa. Sredina kruha s dodatkom 5 i 10 % jabučnog tropa pokazuje statistički značajnu razliku u odnosu na uzorak od čistog pšeničnog brašna i uzorak s dodatkom 15 % jabučnog tropa.

Ukupnu promjenu boje korice kruha tijekom pečenja standardnog kruha i uzoraka kruha s dodatkom 5, 10 i 15 % jabučnog tropa prikazuje slika 24. Vrijednost ukupne promjene boje ( $\Delta E$ ) korice kruha tijekom pečenja se očekivano povećava s povećanjem vremena zadržavanja uzorka u pećnici. Ukupna promjena boje uzorka standardnog uzorka kruha se kretala u rasponu od 5,41 (nakon 7 min pečenja) do 27,95 (nakon 21 min pečenja). Kod uzorka kruha s 5 % jabučnog tropa, promjena boje korice kruha se kretala u rasponu od 14,16 (nakon 7 min pečenja) do 19,03 (nakon 21 min pečenja), promjena boje uzorka kruha s 10 % jabučnog tropa se kretala u rasponu od 18,52 (nakon 7 min pečenja) do 22,71 (nakon 21 min pečenja) te ukupnu promjena boje za uzorak kruha s 15 % jabučnog tropa se kretala od 23,44 (nakon 7 min pečenja) do 30,04 (nakon 21 min pečenja). Usporedbom vrijednosti dobivenih za ukupnu promjenu boje svih ispitivanih uzoraka kruha vidljivo je kako je nakon prvih 7 minuta pečenja najmanju ukupnu promjenu boje imao standardni uzorak kruha, dok

je najveće vrijednosti ukupne promjene boje nakon 21 minute pečenja imao uzorak u kojem je pšenično brašno zamijenjeno s 15 % jabučnog tropa.

Vrijednost ukupne promjene boje ( $\Delta E$ ) sredine kruha standardnog uzorka kruha i kruha s dodatkom 5, 10 i 15 % jabučnog tropa se tijekom pečenja povećava, što prikazuje slika 25. Nakon prvih 7 minuta pečenja, najmanju vrijednost ukupne promjene boje, imao je uzorak kruha s 5 % jabučnog tropa, a najveću promjenu boje imao je kruh s dodatkom 15 % jabučnog tropa.

Tablica 4 prikazuje rezultate senzorske ocjene pšeničnog kruha i kruha s različitim udjelima jabučnog tropa. Senzorska ocjena pokazala je kako je statistički značajno najviše ocjene svih ocjenjivanih parametara dobio standardni uzorak od pšeničnog brašna. Statistički značajno najniže ocjene također svih ocjenjivanih parametara dobio je uzorak u kojem je pšenično brašno zamijenjeno s 15 % jabučnog tropa. Uzorci kruha s dodatkom 5 i 10 % jabučnog tropa se statistički značajno razlikuju u odnosu na uzorak pšeničnog kruha i kruha s 15 % jabučnog tropa, dok međusobno ne pokazuju statistički značajnu razliku u slijedećim svojstvima: vanjski izgled, izgled sredine, miris i okus. Jedino u ocjeni ukupnog dojma, svi ispitivani uzorci kruha se međusobno statistički značajnu razliku.



## **6. ZAKLJUČAK**

Nakon provedenog istraživanja i analize svih parametara ispitivanih uzoraka standardnog kruha i kruha u kojem je pšenično brašno zamijenjeno s 5, 10 i 15 % jabučnog tropa doneseni su slijedeći zaključci:

Najveći gubitak mase pečenjem imao je standardni uzorak kruha a najmanji gubitak mase nakon 7, 14 pa tako i 21 minute pečenja imali su uzorci s dodatkom 15 % jabučnog tropa.

Najveće vrijednosti specifičnog volumena imao je standardni uzorak kruha od pšeničnog brašna.

Kruh s dodatkom 15 % jabučnog tropa imao je najveću čvrstoću sredine i najveći otpor pri žvakanju, dok je najveću kohezivnost i elastičnost sredine imao standardni uzorak kruha.

Najveće smanjenje udjela vode tijekom pečenja u odnosu na udio vode u tijestu imao je kruh s dodatkom jabučnog tropa od 15 %, dok je najmanje smanjenje udjela vode imao standardni uzorak kruha.

Najveće vrijednosti aktiviteta vode imao je uzorak s dodatkom od 15 % jabučnog tropa, a najmanje standardni uzorak kruha. Najveći aktivitet vode u korici kruha pokazuje uzorak s dodatkom 15 % jabučnog tropa.

Najmanju ukupnu promjenu boje imao je standardni uzorak od pšeničnog brašna nakon 7 minuta pečenja, a najveće vrijednosti ukupne promjene boje nakon 21 minute pečenja imao je uzorak u kojem je pšenično brašno zamijenjeno s 15 % jabučnog tropa.

Povećanjem udjela jabučnog tropa tamni sredina i korica kruha tj. smanjuje se vrijednost svjetline ( $L^*$ ) tijekom pečenja.

Manje vrijednosti ukupne promjene boje korice kruha imali su uzorci sa većim udjelom jabučnog tropa (manji udio jabučnog tropa, tamnija boja korice kruha).

Povećanjem udjela jabučnog tropa, smanjuje se vrijednost ukupne promjene boje sredine kruha (veći udio jabučnog tropa, tamnija boja sredine kruha).

Senzorski je najbolje ocijenjen standardni uzorak od pšeničnog brašna. Od uzoraka s dodatkom jabučnog tropa, najbolje je ocijenjen uzorak s najnižim ispitivanim udjelom (5 %) jabučnog tropa.

## **7. LITERATURA**

AACC Method 10-05. Guidelines for measurement of volume by rapeseed displacement. Approved methods of American Association of Cereal Chemists International. St. Paul, MN; American Association of Cereal Chemists Inc., 2000

Cauvain, S. P. i Young, L. S. Technology of breadmaking. Thomson Science, UK, 1998.

Chevallier, S., Della Valle, G., Colonna, P., Broyart, B., & Trystram, G. Structural and chemical modification of short dough during baking, *Journal of Cereal Science*, 35 (1), 1-10, 2002.

Dhingra, D., Michael, M., Rajput, H. i Patil, R. T. Dietary fibre in foods: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 49 (3), 255–266, 2012.

Đaković, Lj. Pšenično brašno, Tehnološki fakultet, Zavod za izdavanje udžbenika, Novi Sad, 1997.

Evans, E. J. Cereal production methods. u: Cereal processing technology, Owens, G. (ur.), Woodhead Publishing Limited, England, 7-26, 2001.

Hoseney, R.C: Principles of cereal science and technology, AACC, Inc. St. Paul Minnesota, USA, 1994.

HS, Hrvatski sabor: Zakon o vodama za ljudsku potrošnju. Narodne novine 56/13, 2013.

<https://www.britannica.com/plant/wheat> [28.06.2016.]

[http://dba.med.sc.edu/price/irf/Adobe\\_tg/models/cielab.html](http://dba.med.sc.edu/price/irf/Adobe_tg/models/cielab.html) (25.5.2016)

Jalili, T., Wildman, R. E. C., Medeiros, D. M. Dietary Fiber and Coronary Heart Disease u: "Nutraceuticals and Functional Foods". R.E.C. Wildman (ur), CRC press, USA. 2001.

Kent, N. L. i Evers, A. D. Technology of cereals, Elsevier Science Ltd, UK, 1994.

Kim, Y., Kim, Y., Bae, I.Y., Lee, H.G. i Lee, S. (2013). Preparation of dietary fibre-enriched materials from preharvest dropped apples and their utilisation as a high-fibre flour substitute. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93 (8), 1974-1978.

Koehler, P., Weiser, H. Chemistry of Cereal Grains. U: *Handbook on Sourdough Biotechnology*. Gobbetti, M., Gänzle, M. (ur.) Springer, 2013.

- Kohajdová, Z., Karovičová, J., Magala, M. i Kuchtová, V. Effect of apple pomace powder addition on farinographic properties of wheat dough and biscuits quality. *Chemical Papers* 68 (8) 1059-1065, 2014.
- Kolodziejczyk, K., Markowski, J., Kosmala, M., Król, B., Plocharski, W. Apple pomace as a potencial source of nutraceutical products. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* 57:291-295, 2007.
- Ktenioudaki, A., Gallagher, E. Recent advances in the development of high-fibre baked products. *Trends in Food Science & Technology* 28, 4-14. 2012
- Leon, K., Mery, D., Pedreschi, F., Leon, J. Color measurement in  $L^*a^*b^*$  units from RGB digital images. *Food Research International.*, 39, 1084–1091, 2006.
- MPŠVG, Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnoga gospodarstva: Pravilnik o žitaricama, mlinskim i pekarskim proizvodima, tjestenini, tijestu i proizvodima od tijesta. Narodne novine 78/05, 2008.
- MZ, Ministarstvo zdravlja: Pravilnik o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju. Narodne novine 125/13, 2013.
- Pomeranz, Y. Wheat chemistry and technology, vol. 1 i 2, American Association of cereal Chemists, St. Paul, MN, 1998.
- Rodríguez, R., Jiménez, A., Fernández-Bolaños, J., Guillén, R., Heredia, A. Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients. *Trends in Food Science and Technology* 17:2-15, 2006.
- [www.sensing.konicaminolta.asia/products/cr-300-chroma-meter/](http://www.sensing.konicaminolta.asia/products/cr-300-chroma-meter/) [02.07.2016.]
- [www.stablemicrosystems.com](http://www.stablemicrosystems.com) (29. 6. 2016.)
- Schieber, A., Stintzing, F.C., Carle, R. By-products of plant food processing as a source of funtional compounds – Recent developments. *Trends in Food Science & Technology*, 12 (11), 401–413, 2001.
- Shewry, P.R. Wheat. *Journal of Experimental Botany* 60:1537-1553, 2009.
- Schünemann, C. i Treu, G. Tehnologije proizvodnje pekarskih i slastičarskih proizvoda. Bulić, I. (ur.), Klarić, F. (prijevod), TIM ZIP, Zagreb, 2012.

Slavin, J. Fiber and Prebiotics: Mechanisms and Health Benefits. *Nutrients* 5:1417-1453, 2013.

Sudhaa, M. L.; Baskaranb, V. i Leelavathia, K. Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making. *Food Chemistry*, 104 (2), 686–692, 2007.

Šramková, S., Gregová, E., Štrudík, E. Chemical composition and nutritional quality of wheat grain. *Acta Chemica Slovaca* 2:115-138, 2009.

[www.stablemicrosystems.com](http://www.stablemicrosystems.com) [02.07.2016.]

Tungland, B.C., Meyer, D. Nondigestible Oligo- and Polysaccharides (Dietary Fiber): Their Physiology and Role in Human Health and Food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 3:90-109, 2002.

Williams, R.D., Olmstead, W.D. A biochemical method for determining indigestible residue (crude fiber) in faeces: Lignin, cellulose, and non-water soluble hemicelluloses. *The Journal of Biological Chemistry* 108:653-666, 1935.

Yağcı, S., Göğüş, F. Effect of incorporation of various food by-products on some nutritional properties of rice-based extruded foods. *Food Science and Technology International*, 15, 571-581, 2010.

Yamsaengsung, R., Berghofer, E., Schoenlechner, R. Physical properties and sensory acceptability of cookies made from chickpea addition to white wheat or whole wheat flour compared to gluten-free amaranth or buckwheat flour. *International Journal of Food Science and Technology* 1-7, 2012.

Žeželj, M. Tehnologija žita i brašna. Tehnološki fakultet Novi Sad, 1995.